Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2013

TEKNIK LISTRIK

1

Untuk SMK/MAK Kelas XI

Penulis	**: NURSALAM PARHAN**
Editor Materi	**: YUSUF SETYABUDI**
Editor Bahasa	**:**
Ilustrasi Sampul	**:**
Desain & Ilustrasi Buku	**: PPPPTK BOE MALANG**

Pusat Pengembangan & Pemberdayaan Pendidik & Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif & Elektronika:

Jl. Teluk Mandar, Arjosari Tromol Pos 5, Malang 65102, Telp. (0341) 491239, (0341) 495849, Fax. (0341) 491342, Surel: vedcmalang@vedcmalang.or.id, Laman: www.vedcmalang.com

DISKLAIMER (*DISCLAIMER*)

Penerbit tidak menjamin kebenaran dan keakuratan isi/informasi yang tertulis di dalam buku tek ini. Kebenaran dan keakuratan isi/informasi merupakan tanggung jawab dan wewenang dari penulis.

Penerbit tidak bertanggung jawab dan tidak melayani terhadap semua komentar apapun yang ada didalam buku teks ini. Setiap komentar yang tercantum untuk tujuan perbaikan isi adalah tanggung jawab dari masing-masing penulis.

Setiap kutipan yang ada di dalam buku teks akan dicantumkan sumbernya dan penerbit tidak bertanggung jawab terhadap isi dari kutipan tersebut. Kebenaran keakuratanisi kutipan tetap menjadi tanggung jawab dan hak diberikan pada penulis dan pemilik asli. Penulis bertanggung jawab penuh terhadap setiap perawatan (perbaikan) dalam menyusun informasi dan bahan dalam buku teks ini.

Penerbit tidak bertanggung jawab atas kerugian, kerusakan atau ketidaknyamanan yang disebabkan sebagai akibat dari ketidakjelasan, ketidaktepatan atau kesalahan didalam menyusunmakna kalimat didalam buku teks ini.

Kewenangan Penerbit hanya sebatas memindahkan atau menerbitkan mempublikasi, mencetak, memegang dan memproses data sesuai dengan undang-undang yang berkaitan dengan perlindungan data.

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Kelistrikan Perkapalan, Edisi Pertama 2013

Kementerian Pendidikan & Kebudayaan

Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan, th. 2013: Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas tersusunnya buku teks ini, dengan harapan dapat digunakan sebagai buku teks untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bidang Studi Teknik Elektronika.

Penerapan kurikulum 2013 mengacu pada paradigma belajar kurikulum abad 21 menyebabkan terjadinya perubahan, yakni dari pengajaran (*teaching*) menjadi BELAJAR (*learning*), dari pembelajaran yang berpusat kepada guru (*teachers-centered*) menjadi pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (*student-centered*), dari pembelajaran pasif (*pasive learning*) ke cara belajar peserta didik aktif (*active learning-CBSA*) atau *Student Active Learning-SAL*.

Buku teks ″ Teknik Listrik ″ ini disusun berdasarkan tuntutan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 diselaraskan berdasarkan pendekatan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar kurikulum abad 21, yaitu pendekatan model pembelajaran berbasis peningkatan keterampilan proses sains.

Penyajian buku teks untuk Mata Pelajaran ″ Teknik Listrik ″ ini disusun dengan tujuan agar supaya peserta didik dapat melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan penyelidikan ilmiah (penerapan saintifik), dengan demikian peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan nilai-nilai baru secara mandiri.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat PembinaanSekolah Menengah Kejuruan, dan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan menyampaikan terima kasih, sekaligus saran kritik demi kesempurnaan buku teks ini dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu terselesaikannya buku teks Siswa untuk Mata Pelajaran Perekayasaan Sistem Antena kelas XI/Semester 1 Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Jakarta, 12 Desember 2013

Menteri Pendidikan dan Kebudayaan

Prof. Dr. Mohammad Nuh, DEA

DAFTAR ISI

PETA BUKU TEKNIK LISTRIK I

BIDANG STUDI KEAHLIAN : *TEKNOLOGI DAN REKAYASA*

PROGRAM STUDI KEAHLIAN : *TEKNIK ELEKTRONIKA*

<table>
<tr><th>KELAS</th><th>KOMPETENSI</th><th>SEMESTER</th><th>PAKET KEAHLIAN</th></tr>
<tr><td rowspan="12">I</td><td rowspan="2">TEKNIK KERJA BENGKEL</td><td>I</td><td rowspan="12">TEKNIK AUDIO VIDEO
TEKNIK ELEKTRONIKA INDUSTRI
TEKNIK ELETRONIKA KOMUNIKASI
TEKNIK MEKATRONIKA
TEKNIK OTOTRONIK</td></tr>
<tr><td>II</td></tr>
<tr><td rowspan="2">TEKNIK LISTRIK</td><td>I</td></tr>
<tr><td>II</td></tr>
<tr><td rowspan="2">TEKNIK ELEKTRONIK DASAR</td><td>I</td></tr>
<tr><td>II</td></tr>
<tr><td>TEKNIK MICROPROSESSOR</td><td>I</td></tr>
<tr><td></td><td>II</td></tr>
<tr><td>TEKNIK PEMROGRAMAN</td><td>I</td></tr>
<tr><td></td><td>II</td></tr>
<tr><td>SIMULASI DIGITAL</td><td>I</td></tr>
<tr><td></td><td>II</td></tr>
<tr><td rowspan="2">II</td><td rowspan="2">C3.KOMPETENSI KEJURUAN</td><td>I</td><td></td></tr>
<tr><td>II</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">III</td><td rowspan="2">C3.KOMPETENSI KEJURUAN</td><td>I</td><td></td></tr>
<tr><td>II</td><td></td></tr>
</table>

GLOSARIUM

Atom adalah suatu satuan dasar materi, yang terdiri atas inti atom serta awan elektron yang bermuatan negatif yang mengelilinginya. Inti atom terdiri atas proton yang bermuatan positif, dan neutron yang bermuatan netral (kecuali pada inti atom Hidrogen-1, yang tidak memiliki neutron)

Elektron adalah partikel subatom yang bermuatan negatif dan umumnya ditulis sebagai e^-. Elektron tidak memiliki komponen dasar ataupun substruktur apapun yang diketahui, sehingga ia dipercayai sebagai partikel elementer.

Grafitasi adalah gaya tarik yang dimiliki sebuah benda sebagai contoh gaya tarik bumi adalah grafitasi bumi, grafitasi atom yang mampu menahan elektron tetap pada lintasan sebuah atom

Elemanter adalah partikel dasar partikel yang; partikel lainnya yang lebih besar terbentuk. Contohnya, atom terbentuk dari partikel yang lebih kecil dikenal sebagai elektron, proton, dan netron. Proton dan netron terbentuk dari partikel yang lebih dasar dikenal sebagai quark. Salah satu masalah dasar dalam fisika partikel adalah menemukan elemen paling dasar atau yang disebut partikel dasar, yang membentuk partikel lainnya yang ditemukan dalam alam, dan tidak lagi terbentuk atas partikel yang lebih kecil.

Ion adalah atom atau sekumpulan atom yang bermuatan listrik. Ion bermuatan negatif, yang menangkap satu atau lebih elektron, disebut anion, karena dia tertarik menuju anode. Ion bermuatan positif, yang kehilangan satu atau lebih elektron, disebut kation, karena tertarik ke katode. Proses pembentukan ion disebut ionisasi. Atom atau kelompok atom yang terionisasi ditandai dengan tikatas $^{n+}$ atau $^{n-}$, di mana *n* adalah jumlah elektronyang hilang atau diperoleh.

Isolator listrik adalah bahan yang tidak bisa atau sulit melakukan perpindahan muatan listrik. Dalam bahan isolator valensi elektronnya terikat kuat pada atom-atomnya. Bahan-bahan ini dipergunakan dalam alat-alat elektronika sebagai isolator, atau penghambat mengalirnya arus listrik. Isolator berguna pula sebagai penopang beban atau pemisah antara konduktor tanpa membuat adanya arus mengalir ke luar atau atara konduktor. Istilah ini juga dipergunakan untuk menamai alat yang digunakan untuk menyangga kabel transmisi listrik pada tiang listrik.

Konduktor dalam teknik elektronika adalah zat yang dapat menghantarkan arus listrik, baik berupa zat padat, cair atau gas. Karena sifatnya yang konduktif maka disebut konduktor. Konduktor yang baik adalah yang memiliki tahanan jenis yang kecil. Pada umumnya logam bersifatkonduktif. Emas, perak, tembaga, alumunium, zink, besi berturut-turut memiliki tahanan jenis semakin besar

Gaya adalah pengaruh apapun yang dapat menyebabkan sebuah benda bermassa mengalami perubahan, baik dalam bentuk gerakan, arah, maupun konstruksi geometris. . Dengan kata lain, sebuah gaya dapatmenyebabkan sebuah objek dengan massa tertentu untuk mengubah kecepatannya (termasuk untuk bergerak dari keadaan diam), atau berakselerasi, atau untuk terdeformasi. Gaya memiliki besar dan arah, sehingga merupakan besaran vektor. Satuan SI yang digunakan untuk mengukur gaya adalah Newton (dilambangkan dengan N). Gaya sendiri dilambangkan dengan simbol F.

Massa adalah suatu sifat fisika dari suatu benda yang digunakan untuk menjelaskan berbagai perilaku objek yang terpantau. Dalam kegunaan sehari-hari, massa biasanya disinonimkan dengan berat. Namun menurut pemahaman ilmiah modern, berat suatu objek diakibatkan oleh interaksi massa dengan medan gravitasi. Sebagai contoh, seseorang yang mengangkat benda berat di Bumi dapat mengasosiasi berat benda tersebut dengan massanya. Asosiasi ini dapat diterima untuk benda-benda yang berada di Bumi. Namun apabila benda tersebut berada di Bulan, maka berat benda tersebut akan lebih kecil dan lebih mudah diangkat namun massanya tetaplah sama.

Usaha atau kerja (dilambangkan dengan W dari Bahasa Inggris *Work*) adalah energi yang disalurkan gaya ke sebuah benda sehingga benda tersebut bergerak.

Energi kinetik adalah bagian energi yang berhubungan dengan gerakan suatu benda.

Energi potensial dari sebuah sistem adalah energi yang dihubungkan dengan konfigurasi ruang dari komponen-komponennya dan interaksi mereka satu sama lain. Jumlah partikel yang mengeluarkan gaya satu sama lain secara otomatis membentuk sebuah sistem dengan energi potensial. Gaya-gaya tersebut, contohnya, dapat timbul dari interaksi elektrostatik

Energi dinyatakan satuan kerja adalah joule (*J*), dinamakan untuk menghormati James Prescott Joule dan percobaannya dalam persamaan mekanik panas. SDalam istilah yang lebih mendasar 1 joule sama dengan 1 newton-meter dan, dalam istilah satuan dasar SI, 1 *J* sama dengan 1 kg m^2 s^{-2}

Sistem Satuan Internasional adalah sistem satuan atau besaran yang paling umum digunakan. Pada awalnya sistem ini merupakan sistem MKS, yaitu panjang (meter), massa (kilogram), dan waktu (detik/sekon). Sistem SI ini secara resmi digunakan di semua negara di dunia kecuali Amerika Serikat (yang menggunakan Sistem Imperial), Liberia, dan Myanmar. Dalam sistem SI terdapat 7 satuan dasar/pokok SI dan 2 satuan tanpa dimensi. Selain itu, dalam sistem SI terdapat standar awalan-awalan (prefix) yang dapat digunakan untuk penggandaan atau menurunkan satuan-satuan yang lain.

1. PENDAHULUAN

1.1 Deskripsi

Modul dengan judul "Teknik Listrik" merupakan bahan ajar yang digunakan sebagai bahan ajar dan panduan teori peserta didik Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk membentuk salah satu bagian dari kompetensi Penerapan Konsep Dasar Teknik Listrik, Bidang Keahlian Teknik Elektronika.

Teknik Listrik merupakan modul teori dan atau praktikum yang memuat penerapan dari hukum-hukum kelistrikan, serta memuat kajian atau teori dalam menganalisa rangkaian .

Modul ini terdiri atas 12 (dua belas) kegiatan belajar yang mencakup tegangan dan daya listrik, cara – cara menganalisis rangkaian listrik arus searah seperti teori Thevenin, Superposisi, Norton, analisis loop dan analisis simpul, serta rangkaian transien terutama rangkaian RC yang banyak aplikasinya dalam praktek seperti pengisian dan pengosongan kapasitor. Dengan menguasai modulini diharapkan peserta diklat mampu menganalisis rangkaian listrik arus searah dan menerapkannya dalam praktek

Dengan modul ini diharapkan proses belajar mengajar akan menjadi program dan terencana untuk meningkatkan pengetahuan dan ketrampilan pada siswa didik.

1.2 Prasyarat

Untuk melaksanakan modul Teknik Listrik memerlukan kemampuan awal yang harus dimiliki peserta diklat, yaitu :

1.2.1. Peserta diklat telah memahami konsep Dasar Fisika Teknik.

1.2.2. Peserta diklat telah memahami komponen-komponen dasar kelistrikan, seperti sumber tegangan, komponen pasif.

1.2.3. Peserta diklat telah memahami hukum -hukum kelistrikan.

1.2.4. Peserta diklat dapat menggunakan alat ukur analog.

1.3 Petunjuk Penggunaan

Langkah - langkah yang harus dilakukan untuk mempelajari modul ini:

1.3.1 Bagi siswa atau peserta didik:

1.3.1.1 Bacalah tujuan antara dan tujuan akhir dengan seksama,

1.3.1.2 Bacalah Uraian Materi pada setiap kegiatan belajar dengan seksama sebagai teori penunjang,

1.3.1.3 Baca dan ikuti langkah kerja yang ada pada modul ini pada tiap proses pembelajaran sebelum melakukan atau mempraktekkan,

1.3.1.4 Persiapkan peralatan yang digunakan pada setiap kegiatan belajar yang sesuai dan benar,

1.3.1.5 Jawablah setiap pertanyaan pada tes formatif untuk masing-masing kegiatan belajar, cocokkan dengan kunci jawaban yang telah tersedia pada kunci jawaban,

1.3.1.6 Jawablah pertanyaan pada soal evaluasi dan cocokkan dengan kunci jawaban yang telah tersedia pada kunci jawaban.

1.3.2.1.1.1.1 Bagi guru pembina / pembimbing:

1.3.2.2 Dengan mengikuti penjelasan didalam modul ini, susunlah tahapan penyelesaian yang diberikan kepada siswa / peserta didik.

1.3.2.3 Berikanlah penjelasan mengenai peranan dan pentingnya materi dari modul ini.

1.3.2.4 Berikanlah penjelasan serinci mungkin pada setiap tahapan tugas yang diberikan kepada siswa.

1.3.2.5 Berilah contoh gambar-gambar atau barang yang sudah jadi, untuk memberikan wawasan kepada siswa.

1.3.2.6 Lakukan evaluasi pada setiap akhir penyelesaian tahapan tugas.

1.3.2.7 Berilah penghargaan kepada siswa didik yang setimpal dengan hasil karyanya.

1.4 TUJUAN AKHIR

Setelah mengikuti/ menyelesaikan kegian-kegiatan belajar dari modul ini , diharapkan siswa memiliki spesifikasi kinerja sebagai berikut :

1.4.1 Memahami tentang dasar-dasar elektrostatis yang akan digunakan dalam teknik listrik

1.4.2 Memiliki pengetahuan dan pemahaman pengertian dari elektro dinamis yang banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.

1.4.3 Memiliki pengetahuan tentang dasar-dasar hukum arus searah yang digunakan dalam teknik listrik.

1.4.4 Mampu menyelesaikan persoalan-persoalan rangkaian listrik arus searah yang banyak digunakan dalam teknik listrik.

1.4.5 Memahami konsep dasar elektromagnetik dan mengetahui aplikasinya dalam bidang teknik listrik.

1.4.6 Mampu menganalisis perhitungan-perhitungan tentang kuantitas kemagnetan yang banyak digunakan dalam bidang teknik listrik.

1.4.7 Memahami konsep dasar induktansi dan kapasitansi serta perhitungan-perhitungan yang berhubungan dengan komponen-komponen tersebut.

1.4.8 Memahami konsep-konsep dasar induksi elektromagnet dan aplikasinya dalam bidang teknik ketenagalistrikan.

1.4.9 Memiliki pengetahuan dasar arus listrik bolak-balik satu fasa, proses pembangkitannya, serta aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.

1.4.10 Mengetahui dan memahami tentang arus listrik bolak-balik sistem fase tiga dan aplikasinya di masyarakat.

1.5 Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Dengan menguasai modul ini diharapkan peserta / siswa didik dapat menjelaskan tentang teknik dasar listrik baik secara teoritis maupun praktis, serta dapat menjelaskan termasuk didalamnya menghitung perhitungan perhitungan yang berkenaan dengan teknik dasar hukum hukum kelistrikan dalam Teknik Listrik

1.6 Cek Kemampuan Awal

No	Daftar Pertanyaan	Tingkat Penguasaan (score : 0 – 100)
1	Apakah siswa sudah memahami sifat-sifat komponen listrik sesuai fungsi dan tujuan ?	
2	Apakah siswa mampu menyebutkan dan menjelaskan macam-macam elektrostatis ?	
3	Apakah siswa mampu menyebutkan dan menjelaskan macam-macam elektrodinamis ?	
4	Apakah siswa mampu menyelesaiakan persoalan rangkaian pada teknik listrik arus searah dengan hukum-hukum yang rangkaian yang ada ?	
5	Apakah siswa dapat menjelaskan proses terjadinya elektromagnetik beserta besaran (kuantitas) kemagnetannya yang berhubungan dengan teknik listrik ?	
6	Apakah siswa dapat membedakan maksud, tujuan dan fungsi dari induktansi dan induksi elektromagnetik yang digunakan dalam teknik listrik ?	
7	Apakah siswa mampu menjelaskan proses terjadinya arus bolak-balik dan peralatan yang terkait dengan sistem tersebut ?	
8	Apakah siswa telah mengikuti prosedur / ketentuan pemakaian komponen teknik listrik sesuai dengan fungsi dan tujuan yang telah ditetapkan ?	
9	Apakah siswa telah mengikuti aturan sesuai dengan SOP ?	
10	Apakah siswa telah mencatat data hasil pemasangan dalam laporan pemasangan	

	komponen ?	
11	Apakah siswa telah membuat berita acara sesuai format yang telah ditetapkan lembaga bersangkutan ?	

Apabila siswa telah mendapatan score minimum 80% dalam mengerjakan tugas tersebut diatas dengan benar, maka siswa yang bersangkutan sudah dapat ujian untuk mendapatkan sertifikat, dan tidak perlu mengkuti modul ini serta diperbolehkan langsung mengikuti modul berikutnya.

2. Kegiatan Belajar 1

STRUKTUR MATERIAL KELISTRIKAN

2.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini siswa dapat:

2.1.1 Menjelaskan bagian bagian dari atom
2.1.2 Menjelaskan perbedaan atom dan elektron
2.1.3 Menjelaskan fungsi elektron valensi
2.1.4 Menjelaskan sifat dinamis aton dan elektron terhadap muatannya
2.1.5 Menjelaskan terjadinya Ion positip dan Ion Negatip
2.1.6 Menjelaskan perbedaan susunan atom penghantar dan isolator
2.1.7 Menyebutkan bahan bahan yang termasuk dalam penghantar
2.1.8 Menyebutkan bahan bahan yang termasuk dalam isolator

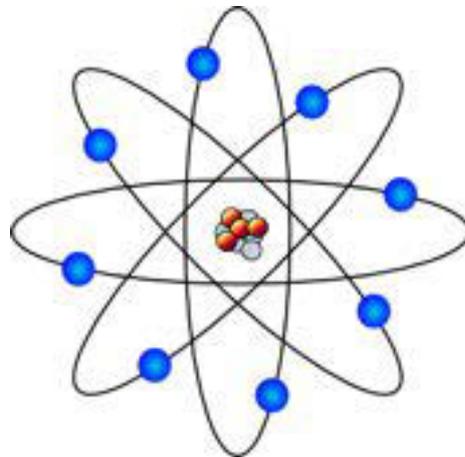
2.2 Uraian Materi

2.2.1 Atom dan elektron

Kalau kita potong-potong suatu benda padat, misalnya tembaga atau yang lainnya, kedalam bagian-bagian yang selalu lebih kecil,kita akan dapatkan suatu potongan benda padat yang terkecil yang mampu kita potong, dan jika kita punya alat khusus yang mampu memotong lagi bagian terkecil tersebut, sampai sudah tidak dapat dibagi lagi, kita akan dapatkan suatu potongan terkecil tersebut, dengan demikian maka pada akhirnya kita dapatkan suatu atom. Kata atom berasal dari bahasa Yunani dan berarti “tidak dapat dibagi”.

Dalam beberapa waktu kemudian barulah dapat ditemukan buktinya melalui percobaan, bahwa benda padat tersusun atas atom. Dari banyak hasil percobaan ahli fisika seperti *Rutherford* dan *Bohr* menarik kesimpulan, bahwa suatu atom harus tersusun mirip seperti sistim tata surya kita (gambar 1.1).

Gambar 1.1 Model sistim tata surya

Dari gambaran model ini atom terdiri atas matahari sebagai *inti atom* dan disekitar inti pada lintasan berbentuk lingkaran atau ellips beredar planet sebagai *elektron-elektron*. Lintasannya (orbit) mengelilingi inti dan membentuk sesuatu yang disebut dengan *kulit elektron* (gambar 1.2).

Gambar 1.2 Model atom

Elektron-elektron pada kulit terluar disebut elektron valensi, mereka terletak paling jauh dari inti dan oleh karena itu paling baik untuk dipengaruhi dari luar.

2.2.2 Muatan listrik - Pembawa muatan

Elektron mengelilingi inti atom dengan kecepatan yang sangat tinggi (± 2200 km/det.). Pada gerakan melingkar, meski berat elektron tidak seberapa, maka disini harus bertindak suatu gaya sentrifugal yang relatip besar, yang

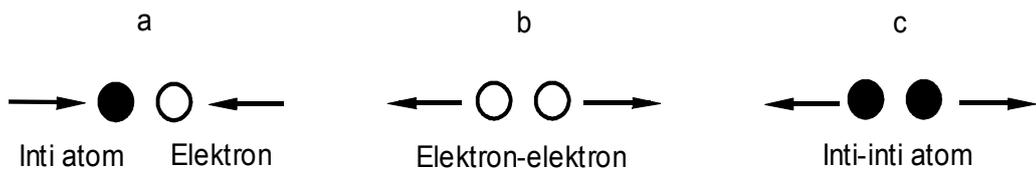
bekerja dan berusaha untuk melepaskan elektron keluar dari lintasannya. Sekarang tenaga apakah yang menahan elektron tetap pada lintasannya mengitari inti ?

Tenaga yang menahan bumi tetap pada lintasannya adalah grafitasi. Grafitasi antara elektron-elektron dan inti atom belum mencukupi, sebagaimana terbukti secara perhitungan, dan tidak dapat menahan elektron-elektron yang terjauh untuk tetap pada lintasannya. Oleh karena itu disini harus bertindak suatu tenaga lain, yaitu tenaga listrik.

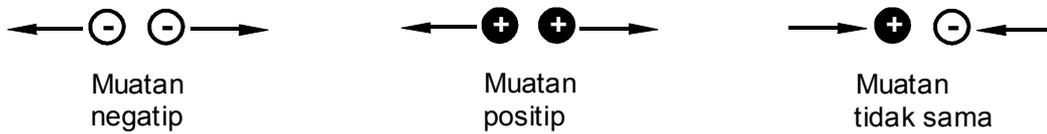
Diantara inti atom dan elektron terdapat tenaga listrik.

Tenaga listrik semacam ini sederhana membuktikannya. Kita gosokkan penggaris mika (bahan sintetis/plastik) dengan suatu kain wol, maka pada bahan ini bekerja suatu gaya tarik terhadap kertas, yang pada prinsipnya lebih besar daripada tenaga grafitasi.

Yang bertanggung jawab terhadap tenaga listrik kita sebut muatan listrik.

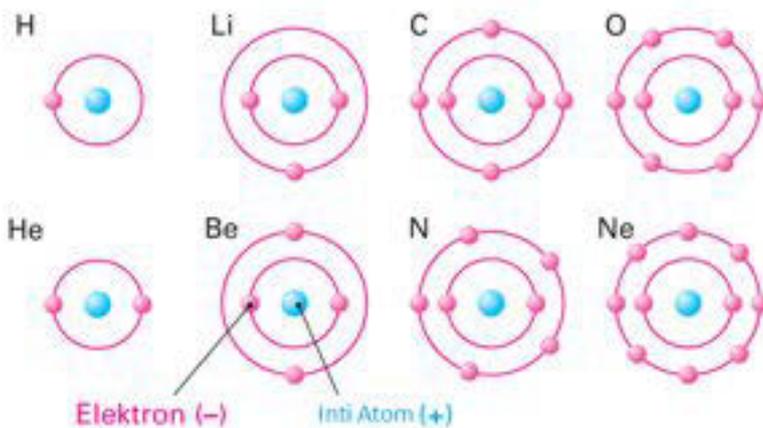
Terhadap inti atom, elektron bersifat menjalankan suatu tenaga listrik. Jadi elektron memiliki muatan listrik. Kita katakan elektron sebagai suatu *pembawa muatan.* Oleh karena inti atom juga mempunyai sifat menjalankan tenaga listrik, maka inti atom juga mempunyai muatan listrik. Hal ini terbukti bahwa elektron-elektron tidak saling tarik-menarik, melainkan tolak-menolak. Demikian pula tingkah laku inti atom (gambar 1.3).

Gambar 1.3 Efek dinamis antara:
a) inti atom dan elektron, b) elektron-elektron, c) inti-inti atom

Oleh karena elektron-elektron saling tolak-menolak, inti atom dan elektron saling tarik-menarik, maka inti atom harus berbeda muatan dengan elektron, artinya membawa suatu jenis muatan yang berbeda dengan muatan elektron. Muatan inti atom dinamakan muatan positip dan muatan elektron dinamakan muatan negatip. Dengan demikian untuk muatan listrik berlaku :

Muatan-muatan yang sama saling tolak-menolak, muatan-muatan yang berbeda saling tarik-menarik.

Gambar 1.4 Efek dinamis muatan-muatan listrik

2.2.3 Susunan atom pada Atom netral

Atom hidrogen memperlihatkan susunan yang paling sederhana. Terdiri atas sebuah *elektron* dan sebuah *proton* (biasa disebut inti atom).
Elektron sebagai pembawa muatan listrik terkecil dinamakan *muatan elementer.*

Elektron adalah pembawa muatan elementer negatip, proton merupakan pembawa muatan elementer positip.

Gambar 1.5 Gambar skema atom:

Muatan elementer negatip elektron sama besarnya dengan muatan elementer positip proton. Oleh karenanya muatan-muatan atom memiliki pengaruh yang persis sama. Atom secara listrik bersifat *netral.*

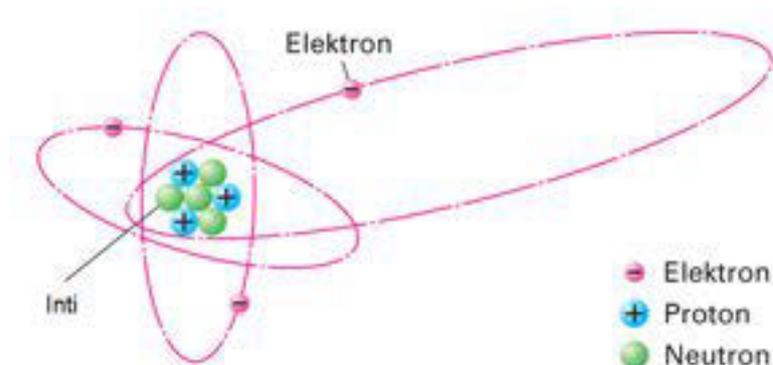
Atom netral terdiri atas muatan positip yang sama banyaknya dengan muatan negatip.

Atom karbon misalnya memiliki 6 elektron dan juga 6 proton. Selain proton inti atom juga mengandung bagian yang secara listrik bersifat netral, yang biasa disebut dengan *netron*. Proton dan netron menentukan berat atom yang sebenarnya .

Atom yang lain semuanya berjumlah 103 buah dengan susunan yang hampir sama. Pembagian elektron pada lintasan elektron berdasarkan pada aturan tertentu. Namun jumlah elektron tetap selalu sama dengan jumlah proton.

2.2.4 Ion

Ilmuwan yang pertama kali menemukan Ion adalah fisikawan Jerman, **Julius Elster** dan **Hans Friedrich Geitel** pada tahun 1899. Ion adalah atom yang bermuatan negatif atau positif. Atom tersusun dari netron yang muatannya netral, proton yang positif dan elektron yang negatif. Netron dan proton ada di bagian tengah yang merupakan inti atom, sedangkan elektron berputar mengelilingi inti atom pada tempat orbitnya (tingkat energi).

Jumlah muatan positif dan negatif pada atom adalah sebanding, sehingga atom tidak memiliki muatan. Tapi, karena sesuatu sebab, beberapa elektron dapat meninggalkan atom (elektron ini disebut elektron bebas). Jika atom kehilangan elektron bebas, ia berubah menjadi **ion positif**. Sebaliknya, akan menjadi **ion negatif** jika ia menerima elektron bebas. Ion-ion ini tidak stabil dan cenderung mencari gandengan untuk berikatan.

Gambar 1.6 Susunan Ion Positip dan Ion Negativ

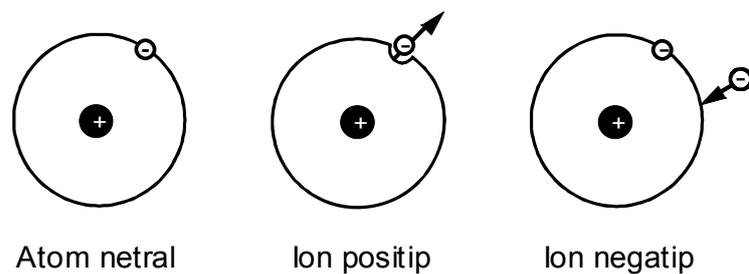
Berat ion positif yang 1800 kali lebih besar dibandingkan ion negatif menjadikan ion negatif mudah lepas dari ikatannya, Pada saat ikatan itu lepas, bumi atau tanah yang bermuatan negatif akan menarik ion positif. Sebaliknya, ion negatif akan terpental. Ion positif dan ion negatif yang saling lepas ini menjadi awal pendorong ketidakseimbangan listrik. Udara disekitar kita mengandung banyak ion positif dan negatif. Ion-ion ini terbentuk secara alamiah akibat radiasi dari sinar kosmik, gelombang elektromagnetik, sinar matahari, cahaya lampu, air terjun dan lain sebagainya. Saat udara cerah konsentrasi ion negatif diluar gedung atau bangunan adalah sekitar 200-800 per cm3, sedangkan ion positif konsentrasinya sekitar 250-1500 per cm3.

Atom yang kehilangan sebuah elektronnya, akan menyebabkan atom tersebut kekurangan elektron, maka atom tersebut memiliki lebih banyak muatan positipnya daripada muatan negatip.

Atom yang secara utuh bermuatan positip, melaksanakan suatu reaksi listrik, yaitu menarik muatan negatip. Demikian juga Atom yang ditambah/diberi sebuah elektron, maka secara utuh dia bermuatan negatip dan menarik muatan positip.

Atom yang bermuatan seperti ini sebaliknya dapat juga menarik muatan yang berbeda, berarti atom tersebut bergerak. Atas dasar inilah maka atom seperti ini dinamakan *ion* (ion = berjalan, bhs. Yunani).

Atom bermuatan positip maupun negatip atau kumpulan atom disebut ion.

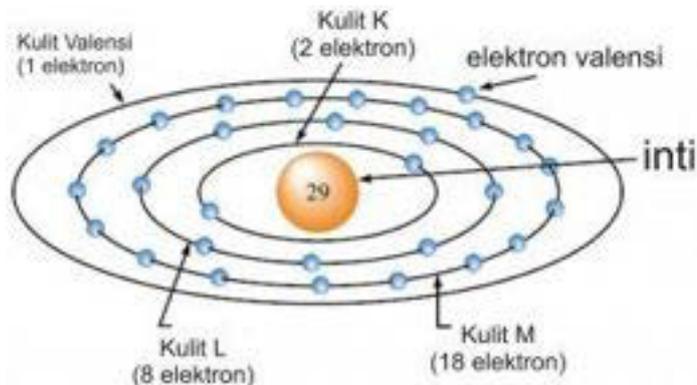
Atom netral   Ion positip   Ion negatip

Gambar 1.7 Skema pembentukan ion

Dapat disimpulkan bahwa :

Kelebihan elektron menghasilkan muatan negatip, kekurangan elektron menghasilkan muatan positip.

2.2.5 PENGHANTAR

Elektron-elektron yang berada pada satu kulit /(shell), tertahan di lintasan-lintasan orbitalnya karena adanya suatu gaya tarik menuju inti yang mengandung proton-proton (pembawa muatan positif) dalam jumlah yang sama besarnya dengan jumlah electron. Karena muatan-muatan yang sejenis akan saling tolak menolak dan muatan-muatan yang berlawanan jenis akan saling tarik menarik, electron-elektron yang bermuatan negative akan tertarik menuju proton-proton yang bermuatan positif.

Prinsip yang sama dapat diamati pada sifat tarik menarik antara dua magnet permanent, kedua kutub utara dari magnet-magnet tersebut akan saling tolak menolak, sementara sebuah kutub utara dan sebuah kutub selatan akan saling tarik menarik. Dengan cara yang sama, muatan-muatan yang berbeda jenis dari electron yang negative dan proton yang positif ini akan mengalami gaya tarik menarik.

Gambar 1.8 susunan Atom Tembaga

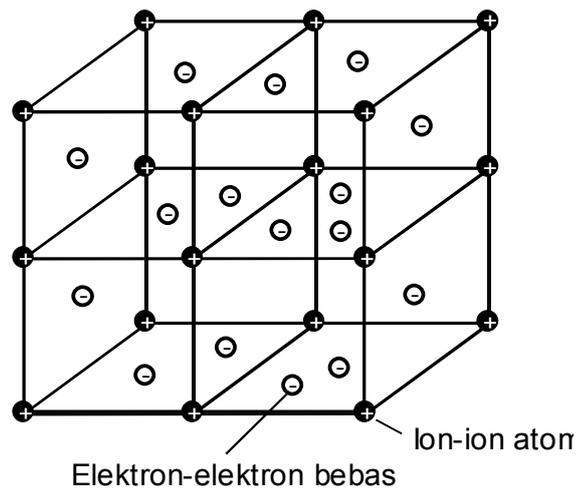
Elektron-elektron kulit terluar dari sebuah konduktor dapat dengan mudah berpindah ke atom-atom yang bersebelahan dalam susunan atom-atom yang membentuk substansi konduktor tersebut. Ini memungkinkan substansi tersebut untuk menghantarkan listrik, Contoh: logam seperti tembaga, perak, besi dan aluminium.

Bahan yang memiliki banyak elektron bebas sebagai pembawa muatan yang bebas bergerak dinamakan penghantar.

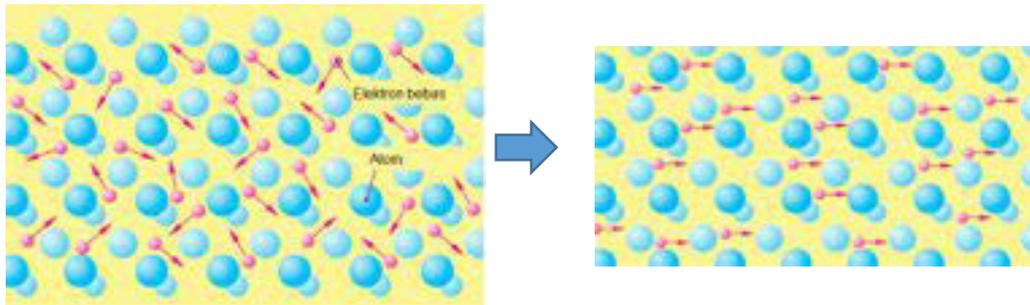
2.2.6 Mekanisme penghantar

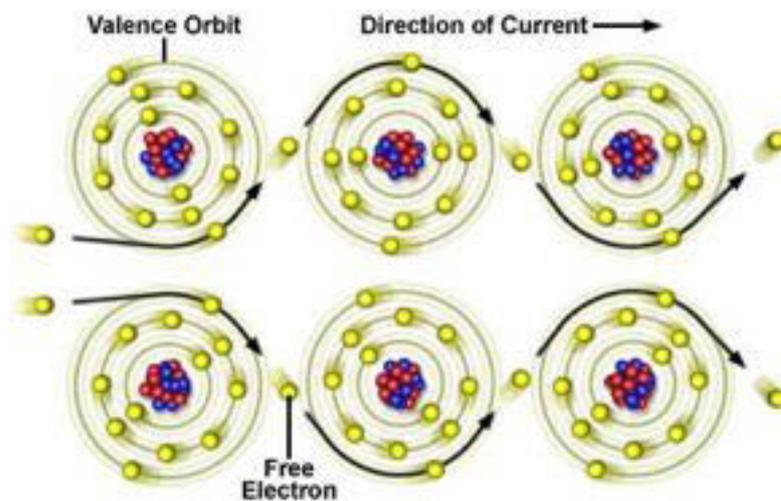
Mekanisme menghantarnya arus listrik Kita bedakan menjadi dua bagian yaitu :

2.2.6.1 Penghantar elektron

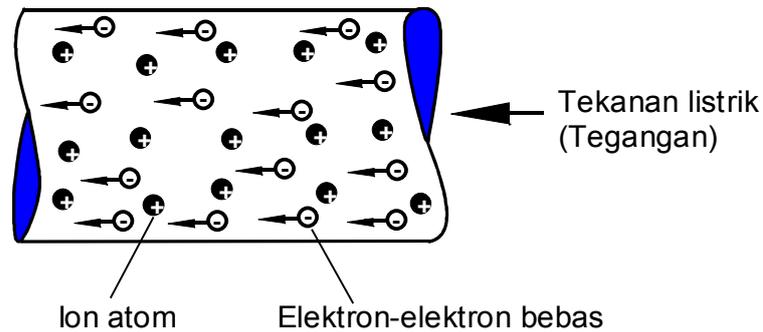
Yang termasuk didalamnya yaitu *logam* seperti misalnya tembaga, alumunium, perak, emas, besi dan juga arang. Atom logam membentuk sesuatu yang disebut *struktur logam*. Dimana setiap atom logam memberikan semua elektron valensinya (elektron-elektron pada lintasan terluar) dan juga ion-ion atom positip.

Gambar 1.9 Kisi-kisi ruang suatu logam dengan awan elektron

Ion-ion menempati ruang dengan jarak tertentu serta sama antara satu dengan yang lain dan membentuk sesuatu yang disebut dengan *kisi-kisi ruang* atau pola geometris atom-atom (gambar 1.9).

Elektron-elektron bergerak seperti suatu awan atau gas diantara ion-ion yang diam dan oleh karenanya bergerak relatip ringan didalam kisi-kisi ruang. Elektron tersebut dikenal sebagai *elektron bebas*. Awan elektron bermuatan negatip praktis termasuk juga didalamnya ion-ion atom yang bermuatan positip.

Gambar 1.10 Struktur elektron bebas pada susunan atom konduktor

Sepotong tembaga dengan panjang sisinya 1 cm memiliki kira-kira 10^{23} (yaitu satu dengan 23 nol) elektron bebas. Melalui tekanan listrik dengan arah tertentu, yang dalam teknik listrik dikenal sebagai tegangan, elektron-elektron bebas dalam penghantar digiring melalui kisi-kisi (gb. 1.10). Dengan demikian elektron-elektron penghantar mentransfer muatan negatipnya dengan arah tertentu. Biasa disebut sebagai *arus listrik*.

Gambar 1.11 aliran elektron pada atom konduktor

Dapat disimpulkan bahwa :

Arus listrik (arus elektron) dalam suatu penghantar logam adalah merupakan gerakan elektron bebas pada bahan penghantar dengan arah tertentu. Gerakan muatan tidak mengakibatkan terjadinya perubahan karakteristik bahan.

Gambar 1.8 Mekanisme penghantar logam

Kecepatan arus tergantung pada *rapat arus* (lihat bagian 3.6). Penghantar logam dengan beban biasa maka kecepatan elektronnya hanya sebesar ± 3 mm/detik, tetapi gerakan elektron tersebut menyebarkan impuls tumbukan mendekati dengan kecepatan cahaya c=300.000 km/detik. Oleh karenanya dibedakan disini antara kecepatan impuls dan kecepatan elektron.

Contoh :

A. Berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh elektron pada suatu penghantar kawat untuk kembali ke tempatnya semula jika Panjang kawat ℓ=1200 m dengan kecepatan sedang υ = 3 mm/s

B. Berapa lama waktu yang dibutuhkan impuls untuk jarak yang sama ?

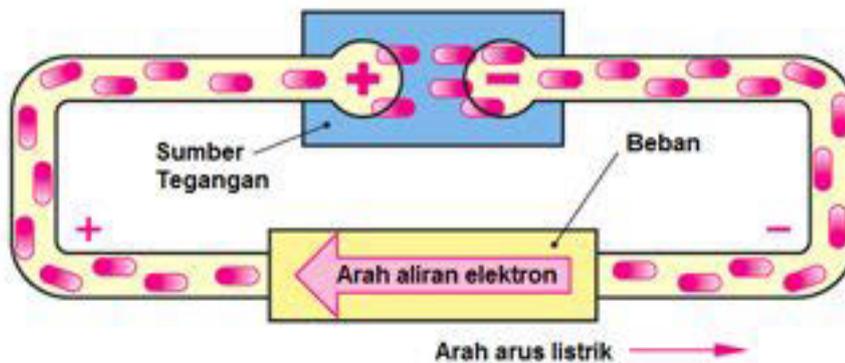
Jawaban : a) Kecepatan: $v = \frac{\ell}{t}$; Waktu: $t = \frac{\ell}{v}$

$$t = \frac{1200\,m}{0{,}003\,m/s} = 400.000\,s = \frac{400.000}{3600}\,h = 111\,jam$$

b) $t = \frac{\ell}{v}$

$$t = \frac{1200\,m}{300.000.000\,m/s} = \frac{4}{1000.000}\,s = 0{,}000004\,s$$

2.2.6.2 Penghantar ion

Telah dijelaskan diatas bahwa karena sesuatu sebab, beberapa elektron dapat meninggalkan atom (elektron ini disebut elektron bebas). Jika atom kehilangan elektron bebas, ia berubah menjadi **ion positif**. Sebaliknya, akan menjadi **ion negatif** jika ia menerima elektron bebas. Ion-ion ini tidak stabil dan cenderung mencari gandengan untuk berikatan dengan atom yang lainnya. Termasuk disini yaitu *elektrolit* (zat cair yang menghantarkan arus), *peleburan* (misal peleburan alumunium) dan *ionisasi gas*. Sebagai pembawa muatan dalam hal ini adalah ion positip dan ion negatip. Biasa disebut sebagai *arus ion*.

Suatu larutan dapat menghantarkan arus listrik yang ditandai dengan menyalanya lampu, larutan elektrolit jika zat tersebut mampu menghantarkan listrik. Mengapa zat elektrolit dapat menghantarkan listrik? Ini erat kaitannya dengan ion-ion yang dihasilkan oleh larutan elektrolit (baik positif maupun negative). Suatu zat dapat menghantarkan listrik karena zat tersebut memiliki ion-ion yang bergerak bebas di dalam larutan tersebut. ion-ion inilah yang nantinya akan menjadi penghantar. Semakin banyak ion yang dihasilkan semakin baik pula larutan tersebut menghantarkan listrik.

Arus listrik (arus ion) didalam suatu elektrolit, peleburan atau ionisasi gas adalah merupakan gerakan terarah ion-ion bahan/zat cair. Dalam hal ini termasuk juga sebagai transfer bahan/zat.

2.2.7 Bukan penghantar (ISOLATOR)

Isolator listrik adalah bahan yang tidak bisa atau sulit melakukan perpindahan muatan listrik. Dalam bahan isolator valensi elektronnya terikat

kuat pada atom-atomnya. Bahan-bahan ini dipergunakan dalam alat-alat elektronik sebagai isolator, atau penghambat mengalirnya arus listrik. Isolator berguna pula sebagai penopang beban atau pemisah antara konduktor tanpa membuat adanya arus mengalir ke luar atau atara konduktor. Istilah ini juga dipergunakan untuk menamai alat yang digunakan untuk menyangga kabel transmisi listrik pada tiang listrik.

Beberapa bahan, seperti kaca, kertas, atau Teflon merupakan bahan isolator yang sangat bagus. Beberapa bahan sintetis masih "cukup bagus" dipergunakan sebagai isolator kabel. Contohnya plastik atau karet. Bahan-bahan ini dipilih sebagai isolator kabel karena lebih mudah dibentuk / diproses sementara masih bisa menyumbat aliran listrik pada voltase menengah (ratusan, mungkin ribuan volt) dan juga *ruang hampa* termasuk disini *gas (juga udara)* dengan aturan tertentu.

Bahan yang hanya memiliki sedikit pembawa muatan dan terikat dalam molekul tersendiri, dinamakan bahan bukan penghantar (isolator).

2.2.8 Bentuk-bentuk Penyekat

Seperti keadaan umum benda, maka penyekat penyekat memiliki bentuk-bentuk yang serupa yaitu dapat berbentuk padat, cair, dan gas.

2.2.8.1 Berbentuk Penyekat padat :

- Batu Pualam/Kwalitas ditentukan oleh kepadatan dan penggosokannya. Semakin padat dan semakin licin semakin kurang daya penyerapan airnya. Karenasifatnya mudah pecah dan berat, maka sekarang kurang banyak dipakai.
- Asbes merupakan bahan berserat, tidak kuat, dan mudah putus. Bukan penyekat yang baik. Keistimewaannya adalah tidak dapat

dibakar, jadi tahan panas tinggi. Banyak digunakan pada peralatan listrik rumah tangga seperti setrika listrik, kompor listrik, dan alat-alat pemanas lainnya.

- Mika Data teknisnya : Daya sekat listrik dan kekuatan mekanis sangat tinggi dan elastis pula. Daya tahan panas tinggi (tidak sampai ratusan derajat) dan penahan air yang baik. Sangat ringan, dan bening (transparan). Banyak digunakan pada peralatan listrik rumah tangga seperti setrika listrik, kompor listrik, dan alat-alat pemanas lainnya.
- Mikanit adalah mika yang telah mendapat perubahan bentuk maupun susunan bahannya. Berbentuk agak padat. Biasa dipakai pada Komutator.

- Mikafolium Semacam mikanit dan sebagai bahan digunakan di atas lapisan kertas tipis. Mudah dibengkokkan dengan pemanas. Biasanya dipakai untuk membungkus kawat atau batang lilitan sebagai penyekat pada mesin listrik tegangan tinggi.
- Mikalek Digunakan gelas dan plastic sebagai bahan dasar. Bubuk mika merupakan bahan pengisi. Kekuatan mekanis tinggi dan sering dipakai pada penyearah arus logam (air raksa), peralatan radio dan tenaga listrik. Mikalek merupakan mika terbaik, sehingga dapat memenuhi persyaratan yang diperlukan sebagai penyekat.

2.2.8.2 BAHAN BERSERAT

- Benang.sebenarnya tidak semata-mata digunakan sebagai penyekat, tetapi lebih condong digunakan sebagai pengisi kabel, terutama kabel tanah.
- Tekstil dari benang ditenun menjadi pita dan kain dengan berbagai corak, ukuran, dan kwalitasnya. Bahan tekstil digunakan dalam bidang kelistrikan sebagai penyekat kawat lilitan mesin listrik, pengikat, dsb. Karena bersifat menyerap cairan, untuk perbaikan daya sekat dilapis atau dicelup ke dalam cairan lak penyekat.

- Ketas bahan penyekat dengan alkali memiliki harga yang mahal. Berwarna kuning atau coklat muda. Kekuatan kertas tergantung dari kadar airnya. Untuk mengatasinya kertas dilapisi lak penyekat. Biasa digunakan pada lilitan kawat, kumparan, penyekat kabel, dan kondensator kertas. Biasanya memiliki ketebalan tertentu.
- Prespan dibanding dengan kertas, prespan lebih padat, jadi kurang menyerap air
- Kayu pada jaman dahulu sering digunakan untuk tiang listrik. Kayu dapat rusak karena factor biologi, supaya tahan lama kayu harus diawetkan lebih dulu. Kayu juga harus dimampatkan agar kadar airnya dapat berkurang.

2.2.8.3 GELAS DAN KERAMIK

- Gelas merupakan penyekat yang baik untuk listrik, namun sangat rapuh. Biasanya dipakai dalam pembuatan bola lampu pijar.
- Keramik memiliki daya sekat yang tinggi. Biasanya dibuat menjadi porselin dan steatite.
- Steatit bagian dari dalam saklar dan kotak tusuk. Biasanya juga pembuatan manik-manik untuk menyekat kawat penghubung yang dapat melentur dan letaknya berdekatan dengan alat pemanas listrik.
- Porselin merupakan bahan yang penting dalam penyekatan karena memiliki kekukuhan mekanis yang sangat besar.Untuk pembuatan bagian isolasi alat-alat listrik yang harus menahan gaya tekan yang berat, bahan porselin baik sekali. Air tidak dapat menyerap karena adanya email pada permukaan.
- PLASTIK sifat baik dari bahan plastic antara lain : ringan, daya hantar panas rendah, tahan air, dan daya sekat tinggi. Untuk dipakai pada bahan yang lebih panas, plastic kurang baik. Ada 2 jenis plastic yaitu: Thermoplastik. Pada suhu 60 derajat sudah menjadi lunak. Pemanasan sampai mencair tidak merubah struktur kimiawi. Thermosetting plastic. Bahan ini telah mengalami proses

pencairan dan telah dicetak dan mengalami perubahan struktur kimiawi sehingga tidak dapat lunak lagi walaupun dipanaskan.

2.2.8.4 KARET DAN EBONIT

- Karet bersifat elastis dan berguna untuk menahan tumbukan. Digunakan sebagai penyekat hantaran listrik, penggunaan pipa karet untuk menyekat sepatu kabel, dan pembungkus kabel. B) Ebonit

  Dapat dibengkokan dalam air yang mendidih, dapat dikikir, dibor, dan dibubut. Tahan terhadap asam dan dipakai sebagai bak akumulator. Tidak dapat menyerap air. Tidak tahan panas.

2.2.8.5 BAHAN-BAHAN YANG DIPADATKAN

- Lilin dan Parafin cepat mencair, mempunyai sifat tidak menyerap air dan hasilnya berlimpah, dijadikan salah satu bahan yang berguna untuk penyekat listrik walaupun titik leleh relative rendah. Biasa dipakai pada Kondensator atau pada bdang arus lemah.

2.2.8.6 CAIR

- Air suling atau air murni dapat disebut sebagai bahan penyekat walaupun masi dapat mengantar arus listrik dalam jumlah yang sangat kecil.
- Minyak Transformator diperlukan sebagai pendingin pada transformator yang di akibatkan lilitan kawat. Tanpa pendinginan akan merusak penyekat inti, lilitan dan pada bagian tertentu. Minyak transformator harus memenuhi eprsyaratan kelayakan penggunaan.
- Minyak kabel umumnya dibuat pekat dan untuk menambah pekat dapat dicampur dengan dammar. Digunakan untuk memadatkan penyekat kertas pada kabel tenaga, kabel tanah, terutama kabel tegangan tinggi.

2.2.8.7 GAS

- Nitrogen digunakan sebagai pengontrol saluran kabel pengisi/distribusi untuk mengetahui masih baik tidaknya penyekat kabel yang dipakai. Terutama pada kabel tanah yang sering terjadi karat, goresan dan retak pada timah hitam
- Hidrogen digunakan sebagai pendingin turbogenerator dan kondensor sinkron. Walaupun sebagai pendingin juga merupakan penyekat panas dan listrik.
- Carbon Dioksida digunakan dalam turbogenerator. Memiliki sifat mematikan api. Sebagai pengaman untuk pencampuran hydrogen dan udara yang dapat mengakibatkan ledakan.

2.3 RANGKUMAN

- Bagian terkecil dari benda adalah atom
- Bagian penyusun atom adalah Inti yang terdiri dari proton dan neutron dan elektron yang mengelilingi inti atom
- Setiap elektron memiliki orbit masing masing yang terdapat pada atom mulai yang terdalam sampai terluar
- Lintasan elektron terluar dinamakan elektron valensi, yang merupakan terpenting dari susunan elektron
- Elektron elektron tersebut akan berfungsi membawa muatan listrik, dan inilah yang menyebabkan arus listrik
- Inti atom yang bermuatan positip akan saling tarik menarik dengan elektron yang bermuatan negatif
- Muatan yang sejenis akan saling tolak menolak, sama seperti yang berlaku pada magnet
- Atom netral jika jumlah muatan positip yang dimiliki proton sama jumlahnya dengan elektronnya
- Ion positip terjadi jika jumlah elektron suatu atom lebih banyak dari jumlah elektronnya
- Ion negatip terjadi jika jumlah elektron suatu atom lebih sedikit dari jumlah elektronnya
- Bahan penghantar memiliki elektron terluar (valensi) dapat dengan mudah berpindah ke atom yang berdekatan yang membentuk substansi koduktor
- Bahan yang memiliki banyak elektron bebas sebagai pembawa muatan yang bebas bergerak dinamakan Penghantar
- Penghantar dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu penghantar elektron dan penghantar ion
- Bahan yang hanya memiliki sedikit pembawa muatan dan terikat dalam molekul sendiri, dinamakan bahan isolator
- Bahan isolator tidak dapat / sangat sulit untuk dapat meghantarkan arus listrik
- Contoh bahan konduktor adalah semua Logam, Tembaga , Perak Aluminium, Emas , Besi Baja dll
- Contoh bahan Isolator adalah, Kaca, Keramik, karet, Mika

2.4 TUGAS

- Gambarkan susunan atom dari Aluminium?
- Berapakah jumlah proton, netron dan elektron penyusun dari atom aluminium tersebut?
- Dapatkan sepuluh contoh yang merupakan konduktor yang baik dalam arti daya hantarnya?
- Sebutkan nama penghantar atau kabel yang diaplikasikan sebagai penghantar beserta spesifikasinya?
- Mengapa kabel yang digunakan untuk penghantar listrik pada umumnya berbeda dengan yang digunakan sebagai penghantar pada gelombang radio?
- Dapatkan sepuluh contoh yang merupakan Isolator yang baik dalam arti daya isolasinya?
- Sebutkan nama barang, komponen yang difungsikan sebagai isolator dan diterapkan dimana?

2.5 Evaluasi /Tes Formatif

1. Tersusun oleh apakah suatu atom ?
2. Apa yang dimaksud dengan elektron valensi ?
3. Apa yang dimaksud dengan pembawa muatan ?
4. Apa yang menarik perhatian kita atas susunan suatu atom netral ?
5. Apa yang dimaksud dengan muatan elementer ?
6. Bagaimana reaksi muatan-muatan satu sama lain ?
7. Bilamana kita bicara tentang ion-ion ?
8. Apa yang dimaksud dengan arus listrik ?
9. Pembawa muatan manakah yang menentukan adanya arus didalam logam dan yang mana untuk didalam elektrolit ?
10. Apa yang dimaksud dengan elektron bebas ?
11. Dengan kecepatan berapa suatu impuls listrik menyebar didalam sebuah penghantar ?
12. Apa perbedaan secara prinsip antara penghantar listrik, bukan penghantar dan semi penghantar ?
13. Sebutkan beberapa bahan penghantar !
14. Apa yang dimaksud dengan bahan isolasi listrik ? Sebutkan beberapa diantaranya !

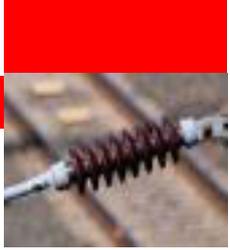
2.6 Lembar Jawaban Tes Formatif

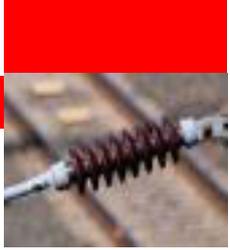
1) Atom terdiri atas inti atom dan elektron-elektron
2) Elektron valensi yaitu elektron-elektron pada kulit terluar
3) Pembawa muatan adalah elektron itu sendiri, oleh karena elektron memiliki muatan listrik
4) Yang menarik dari susunan atom netral yaitu jumlah muatan positip sama banyaknya dengan jumlah muatan negatip
5) Muatan elementer yaitu elektron sebagai pembawa muatan listrik terkecil
6) Muatan-muatan yang sama saling tolak-menolak, muatan-muatan yang berbeda saling tarik-menarik
7) Kita bicara tentang ion-ion bila atom kehilangan ataupun mendapat tambahan sebuah elektron
8) Arus listrik pada dasarnya adalah merupakan gerakan muatan secara langsung
9) Sebagai pembawa muatan yang menentukan adanya arus didalam logam adalah elektron, sedangkan didalam elektrolit adalah ion
10) Elektron bebas yaitu elektron-elektron yang bergerak didalam kisi-kisi ruang (pola geometris atom-atom) logam
11) Impuls listrik menyebar didalam sebuah penghantar dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya c=300.000 km/detik
12) Penghantar listrik yaitu bahan yang memiliki banyak pembawa muatan yang bebas bergerak
13) Bukan penghantar yaitu bahan yang hanya memiliki sedikit pembawa muatan dan terikat dalam molekul tersendiri
14) Semi penghantar adalah bahan yang setelah mendapat pengaruh dari luar maka elektron valensinya lepas dan dengan demikian mampu menghantarkan listrik
15) Beberapa bahan penghantar diantaranya logam, arang, elektrolit, peleburan dan ionisasi gas
16) Bahan isolasi listrik yaitu bahan yang dapat mengisolasi bahan yang berarus listrik , yang tidak lain adalah termasuk bukan penghantar.

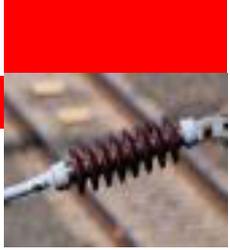
Beberapa diantaranya seperti bahan sintetis, karet, kaca, porselin, lak, kertas, air murni, oli, fet dan juga ruang hampa.

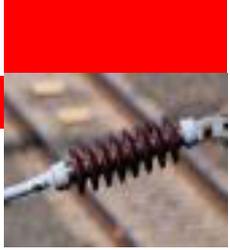
17) **2.7 Lembaran Kerja**

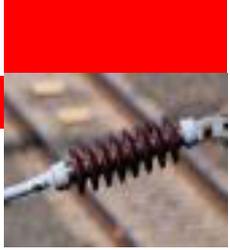
Lengkapilah tabel dibawah ini dengan mencari informasi yang didapatkan sumber dari luar, internet atau buku teks lainnya

1. Nama Konduktor Padat : Aluminium

2. Nama Konduktor Padat:

3. Nama Konduktor Padat :

4. Nama Konduktor Padat :

5. Nama Konduktor Padat :

6. Nama Isolator Padat :

7. Nama Isolator Padat :

8. Nama Isolator Padat :

9. Nama Isolator Padat :

10. Nama Isolator Padat :

3. Kegiatan Belajar 2

SATUAN DASAR LISTRIK MENURUT SISTEM INTERNASIONAL

3.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini siswa dapat:

- ➢ Menjelaskan satuan dasar listrik menurut system internasional
- ➢ Menjelaskan satuan charge, work, power
- ➢ Menjelaskan satuan potensial listrik, emf, resistansi, konduktansi, power dan energy pada rangkaian listrik

3.2. Uraian Materi

3.1.1. Sistem Satuan Dasar Internasional

Berdasarkan konferensi umum mengenai berat dan ukuran ke-14 tahun 1971, dan hasil-hasil pertemuan sebelumnya, menetapkan tujuh besaran dasar. Ketujuh besaran ini ditunjukkan dalam Tabel 2.1 dan merupakan dasar bagi Sistem Satuan Internasional, biasanya disingkat SI dari bahasa Perancis "*Le Systeme International d'Unites*".

Tabel 2.1. Satuan-satuan dasar SI

No	Besaran	Simbol besaran	Satuan	Simbol satuan
1	Panjang	ℓ	meter	m
2	Massa	*m*	kilogram	kg
3	Waktu	*t*	detik	s
4	Kuat Arus	*I*	Ampere	A
5	Temperatur	*T*	Kelvin	K
6	Kuat Cahaya	I_V	Candela	cd
7	Jumlah molekul	*Mol*	Mol	n

(Sumber: Häberle, 1984:10)

Dalam buku ini juga banyak dijumpai contoh-contoh satuan turunan SI seperti kecepatan, gaya, hambatan listrik dan sebagainya, yang diperoleh dari table di atas. Sebagai contoh, satuan SI untuk gaya disebut Newton (N), yang dalam satuan dasar SI didefinisikan sebagai 1N = 1 m . kg / (detik)^2 (1.1)

3.2.2 Satuan Turunan

Satuan turunan adalah satuan yang diturunkan dari satuan pokok. Satuan dasar dapat dikombinasikan untuk mendapatkan satuan pengukuran besaran lainnya yang disebut satuan turunan . Sebagai tambahan ada dua dari satuan tanpa dimensi yaitu radian (rad) dan steradian (sr), 20 satuan turunan lainnya memiliki satuan nama yang khusus.

Tabel 2.2 Nama satuan turunan yang berasal dari satuan dasar SI

Besaran	**Simbol**	**satuan**	**Ekuivalen**	**Ekspresi dalam satuan dasar SI**
frekuensi	hertz	Hz	1/s	s^{-1}
sudut	radian	rad	m/m	satuan tak berdimensi
sudut ruang	steradian	sr	m^2/m^2	satuan tak berdimensi
gaya, berat	newton	N	$kg \cdot m/s^2$	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$
tekanan	pascal	Pa	N/m^2	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$
energi, usaha, kalor	joule	J	N•m C•V W•s	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$
daya, fluks radiant	watt	W	J/s V·A	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$
muatan listrik	coulomb	C	s·A	s·A
tegangan listrik, beda potensial, gaya gerak listrik	volt	V	W/A J/C	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
kapasitansi	farad	F	C/V	$kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^4 \cdot A^2$
hambatan, Impedansi, reaktansi	ohm	Ω	V/A	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
konduktansi, admitansi	siemens	S	1/Ω A/V	$kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^3 \cdot A^2$
fluks magnet	weber	Wb	J/A	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$

kuat medan magnet, kerapatan fluks magnet	tesla	T	$V \cdot s/m^2$ Wb/m^2 N/(A•m)	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
induktansi	henry	H	$V \cdot s/A$ Wb/A	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
suhu relatif terhadap 273,15 K	celsius	°C	K - 273.15	K - 273.15
fluks cahaya	lumen	lm	cd·sr	cd
Iluminansi	lux	lx	lm/m^2	$m^{-2} \cdot cd$
peluruhan radioaktif (peluruhan per satuan waktu)	becquerel	Bq	1/s	s^{-1}
dosis terserap (pada radiasi pengion)	gray	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
dosis ekuivalen (pada radiasi pengion)	sievert	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
aktivitas katalis	katal	kat	mol/s	$s^{-1} \cdot mol$

Dalam beberapa hal, satuan besaran dasar dirasa kurang sesuai dengan kebutuhan, dikarenakan terlalu besar atau terlalu kecil, misalnya Kapasitor mempunyai satuan dasar adalah Farad, namun satuan tersebut terlalu besar , dan yang sering dipakai adalah dalam µF (micro Farad) atau nF (nano Farad) bahkan pF (piko Farad) , contoh lain adalah Resistor yang sering menggunakan satuan kΩ bahkan hingga MΩ (mega Ohm) sehingga diperlukan faktor pengali dari besaran satuan standar tersebut, dibawah ini adalah tabel 2.3 yang memberikan informasi masalah pengali tersebut

Tabel 2.3 Faktor pengali dari satuan dasar

Faktor	Awalan	simbol	Faktor	Awalan	simbol
10^{18}	Eksa	E	10^{-3}	mili	m
10^{15}	Peta	P	10^{-6}	mikro	µ
10^{12}	Tera	T	10^{-9}	nano	n
10^{9}	Giga	G	10^{-12}	piko	p
10^{6}	Mega	M	10^{-15}	femto	f
10^{3}	Kilo	k	10^{-18}	alto	a

3.2.3 Gaya dan Massa

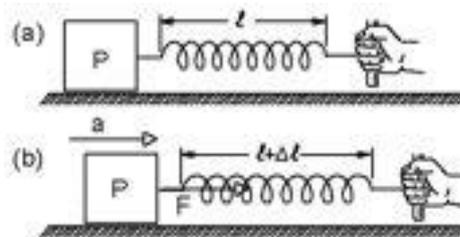
Menjelang berakhirnya abad ke-17 Sir Isaac Newton (1642-1727), seorang ilmuwan Inggris, berhasil menyingkap tabir teka-teki alam yang menarik perhatian itu. Mengenai penemuannya, ada sebuah lelucon menarik yang menceritakan, jawaban itu diperoleh ketika sebuah apel jatuh ke kepalanya sewaktu ia sedang merenungi masalah ini di bawah sebatang pohon apel di pekarangannya (apakah buah apel ini mengenai kepalanya, diragukan kebenarannya). Diceritakan, kejadian ini mengilhaminya untuk menemukan hukum yang kemudian terkenal dengan nama "Hukum Gaya Berat (Gravitasi) Newton (1687)".

Hukum ini menyatakan, dua benda yang terpisah oleh jarak tertentu cenderung tarik-menarik dengan gaya (atau kekuatan) alamiah yang sebanding dengan massa (atau ukuran kepadatan atau berat) masing-masing benda dan juga berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara keduanya.
Kembali ke pertanyaan kita di atas, terdapat dua benda yang saling mempengaruhi, yaitu Bumi dan batu kecil yang semula berada dalam tangan. Gaya atau kekuatan tarikan Bumi pada batu itu sebagaimana dinyatakan oleh hukum di atas disebut gaya berat atau gaya gravitasi atau yang lebih sering dikenal dengan sebutan berat batu. Sebaliknya pun berlaku. Bumi ditarik oleh batu kecil itu dengan gaya atau kekuatan yang sama besar. Di sini jarak antara batu dan Bumi dihitung dari batu ke pusat Bumi yang berada sekitar 3.670 km di bawah permukaan Bumi.

Nampaknya dengan bantuan Hukum Gaya Berat Newton ini, kita mulai sedikit memahami asal-usul penyebab jatuhnya batu kecil tersebut ke permukaan Bumi. Tetapi rasanya masih ada yang mengganjal apabila kita

hendak menerapkan hukum ini secara langsung. Mengapa justru batu yang tertarik jatuh menuju ke permukaan Bumi dan bukan sebaliknya Bumi yang tertarik ke atas menuju batu kecil yang Anda lepaskan? Pertanyaan ini dijawab melalui Hukum Newton berikut dalam cabang ilmu fisika yang mengkhususkan pada permasalahan gerak dan penyebabnya, yaitu cabang mekanika.

Dalam bahasa sehari-hari gaya sering diartikan sebagai dorongan atau tarikan, terutama yang dilakukan oleh otot-otot manusia. Untuk itu perlu didefinisikan secara lebih terperinci dan tepat. Disini definisi gaya dinyatakan dalam percepatan yang dialami oleh suatu benda standar bila diletakkan dalam lingkungan tertentu yang sesuai.

Benda standar tersebut diikatkan pada ujung pegas dan diletakkan di atas sebuah meja horizontal yang gesekannya dapat diabaikan. Keduanya berlaku sebagai lingkungan bagi benda tersebut. Ujung pegas yang lain dipegang dengan tangan. Sekarang pegas ditarik secara horizontal ke kanan; dengan coba-coba diusahakan agar benda mengalami percepatan konstan 1,0 m/detik^2. Pada keadaan ini dikatakan sebagai definisi, bahwa pegas (yaitu lingkungan utama benda) melakukan gaya konstan pada benda yang besarnya 1,00 newton, atau dalam notasi SI: 1,00 N.

Gambar 1.1 Gaya dan Massa (a) Sebuah partikel P (kilogram standar) diam di atas permukaan horizontal tanpa gesekan. (b) Benda dipercepat dengan menarik pegas ke kanan.

Pada Gambar 1.1a terlihat bahwa dalam melakukan gaya ini pegas terentang sepanjang Δl melebihi panjang normalnya ketika kendur, seperti diperlihatkan dalam Gambar 1.1b.

Pada Hukum Newton Kedua atau Hukum Gerak ini menyatakan hubungan antara gaya dan gerak yang menempatkan keduanya sebagai suatu hubungan sebab-akibat. Di sini gaya dikaitkan dengan kekuatan mendorong atau menarik yang berperan sebagai penyebab "perubahan gerak" sebuah

benda. Atau lebih terinci lagi, gaya adalah penyebab perubahan besar kecepatan (laju) dan arah gerak (arah kecepatan) benda.

Hukum Newton kedua ini menyatakan, besarnya perubahan gerak benda yang secara pengukuran disebut percepatan berbanding terbalik dengan massa benda itu dan berbanding lurus dengan gaya penyebabnya. Besaran massa di atas, yang samar-samar pengertiannya, dapat disetarakan dengan berat benda (ingat Hukum Gaya Berat Newton) dan secara fisika merupakan ukuran keengganan benda untuk mengubah keadaan gerak semula. Jadi secara fisika hukum ini menyatakan, benda yang massanya lebih besar (atau lebih berat) enggan sekali mengubah keadaan geraknya semula sedangkan yang jauh lebih kecil massanya (jadi lebih ringan) memperlihatkan perilaku yang lebih luwes. Dengan demikian, benda yang massanya besar sekali, bila semula berada dalam keadaan diam, cenderung untuk tetap berada dalam keadaan diam. Pada masalah kita di atas massa bumi jauh lebih besar daripada massa batu kecil itu. Dengan demikian terungkaplah sekarang secara jelas apa penyebabnya tertariknya batu kecil itu (melalui Hukum Gaya Berat Newton) dan mengapa jatuhnya haruslah ke permukaan Bumi (melalui Hukum Gerak Newton).

Pada bagian di atas baru ditinjau percepatan yang diberikan pada satu benda khusus yaitu kilogram standar. Dengan demikian dapat didefinisikan sebagai gaya secara kuantitatif. Apa pengaruh gaya-gaya tersebut pada benda lain? Karena pertama kali benda standar dipilih sembarang, maka dapat dimengerti bahwa percepatan suatu benda akan langsung sebanding dengan gaya yang diberikan. Namun gaya yang sama akan menimbulkan percepatan yang berbeda pada benda yang berbeda. Sebagai contoh sebuah bola kasti akan mendapat percepatan lebih besar daripada sebuah mobil jika diberikan gaya yang sama. Untuk memperoleh jawaban kuantitatif atas pertanyaan di atas diperlukan cara untuk mengukur massa, yaitu sifat benda yang menentukan keengganannya untuk berubah gerak.

Massa adalah sifat fisika dari suatu benda, yang secara umum dapat digunakan untuk mengukur banyaknya materi yang terdapat dalam suatu benda. Massa merupakan konsep utama dalam mekanika klasik dan subyek lain yang berhubungan. Dalam Standar Internasional, SI, massa diukur dalam satuan kilogram. Alat yang digunakan untuk mengukur massa biasanya adalah

timbangan. Tidak seperti berat, massa di setiap tempat selalu sama. Misalnya: massa kita ketika di bumi dan di bulan sama, akan tetapi berat kita di bumi dan di bulan berbeda.

Hubungan antara massa dan berat adalah massa (kg) dikalikan percepatan gravitasi sama dengan gaya (N).

$$F = m \cdot g$$

F (*force)* atau gaya/berat, m adalah massa, dan g adalah percepatan gravitasi / daya tarik bumi (m/detik^2).

Beberapa orang menuliskan rumus tersebut dalam bentuk

$$W = m \cdot g$$

di mana W menyatakan *weight* atau berat/gaya.

Mirip dengan hal itu, berat suatu benda di atas permukaan laut akan lebih besar dari pada beratnya pada puncak gunung yang tinggi. Hal ini disebabkan karena percepatan gravitasi di kutub lebih besar daripada di katulistiwa, dan percepatan gravitasi di atas permukaan laut lebih besar dari pada di tempat yang lebih tinggi (karena jaraknya ke pusat bumi lebih jauh).

3.2.3 Usaha

Usaha (dilambangkan dengan ***W*** dari Bahasa Inggris *Work*) adalah energi yang disalurkan gaya ke sebuah objek sehingga objek bergerak. Usaha didefinisikan sebagai garis integral (pembaca tidak dekat dengan kalkulus multivariate lihat "Formula mudah" di bawah):

$$W = \int_C \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

di mana

C adalah lekukan "*traversed*" oleh objek;

$\vec{F}$ adalah gaya;

$\vec{s}$ adalah posisi.

Usaha adalah kuantitas skalar, yang dapat positif atau negatif. Tidak semua gaya melakukan kerja. contohnya, gaya sentripetal dalam gerakan berputar seragam tidak menyalurkan energi; kecepatan obyek yang bergerak dengan kecepatan konstan. Kenyataan ini diyakinkan oleh formula: bila vektor dari gaya dan perpindahan "perpendicular", perkalian titik mereka adalah nol.

Bentuk usaha tidak selalu mekanikal, seperti kerja listrik, dapat dipertimbangkan sebagai kasus istimewa dari prinsip ini; misalnya, dalam kasus listrik, usaha dilakukan dalam partikel bermuatan bergerak melalui sebuah medium. Konduksi panas dari badan yang lebih hangat ke yang lebih dingin biasanya bukan merupakan usaha mekanik, karena pada ukuran makroskopik, tidak ada gaya yang dapat diukur. Pada ukuran atomik, ada gaya di mana atom berbenturan, tetapi dalam jumlahnya usaha hampir sama dengan nol.

3.2.4 Energi

Satuan SI untuk energi dan kerja adalah joule (*J*), dinamakan untuk menghormati James Prescott Joule dan percobaannya dalam persamaan mekanik panas. Dalam istilah yang lebih mendasar 1 joule sama dengan 1 newton-meter dan, dalam istilah satuan dasar SI, 1 *J* sama dengan 1 kg m^2 s^{-2}.

Kerja (kerja mekanik sebagai transfer energi) didefinisikan sebagai "path integral" gaya *F* sejauh *s*:

$$W = F \cdot ds$$

Persamaan di atas mengatakan bahwa kerja (*W*) sama dengan integral dari perkalian titik gaya (*F*) di sebuah benda dan turunan/diferensial posisi benda (*s*).

Menurut jenisnya energi ada 3 macam, yaitu: energi kinetik, energi potensial dan energi internal.

Energi kinetik adalah bagian energi yang berhubungan dengan gerakan suatu benda.

$$E_k = \int v \cdot dp$$

Persamaan di atas menyatakan bahwa energi kinetik (E_k) sama dengan integral dari dot product "velocity" (*v*) sebuah benda dan turunan/diferensial momentum benda (*p*).

Energi potensial berlawanan dengan energi kinetik adalah energi dari sebuah sistem dikarenakan gerakannya, atau gerakan internal dari partikelnya, energi potensial dari sebuah sistem adalah energi yang dihubungkan dengan konfigurasi ruang dari komponen-komponennya dan interaksi mereka satu sama lain. Jumlah partikel yang mengeluarkan gaya satu sama lain secara otomatis membentuk sebuah sistem dengan energi potensial. Gaya-gaya

tersebut, contohnya, dapat timbul dari interaksi elektrostatik (lihat hukum Coulomb), atau gravitasi.

Energi internal adalah energi kinetik dihubungkan dengan gerakan molekul-molekul, dan energi potensial yang dihubungkan dengan getaran rotasi dan energi listrik dari atom-atom di dalam molekul. Energi internal seperti energi adalah sebuah fungsi keadaan yang dapat dihitung dalam sebuah sistem.

3.2.5 Besaran Listrik

3.2.6.1 Tegangan Listrik

Dalam satu bentuk tenaga, maka secara terpisah terdapat muatan Positif dan Negatif. Muatan yang terpisah itu akan tarik-menarik, Gaya tarik menarik antara kedua muatan itu dinamakan tegangan listrik. Satuan teknik tegangan volt (*V*). Tegangan listrik itu bergantung pada tekanan elektron bebas yang diakibatkan oleh gerakan elektron tersebut.

Tegangan listrik itu terjadi apabila:

- Antara pasangan elektron yang rapat dan kurang rapat.
- Antara tempat yang mempunyai kerapatan elektron yang tinggi dan rendah
- Antara tempat yang kekurangan elektron dan yang kelebihan elektron

3.2.6.2 Arus Listrik

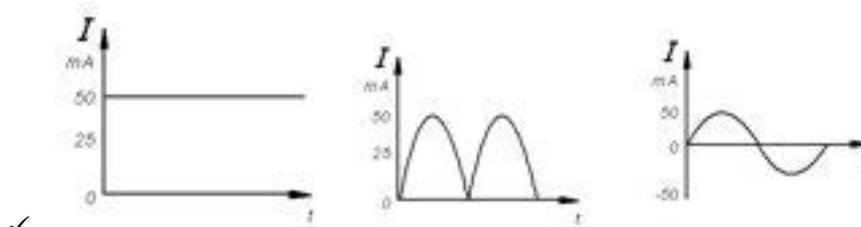
Listrik sebagai energi dapat dibangkitkan dari energi yang lain. Energi mekanik, energi kimia dan energi panas dapat membangkitkan energi listrik. Listrik dapat mengalir melalui bahan penghantar, tetapi tidak semua bahan dapat mengalirkan listrik. Bahan yang memiliki elektron bebas didalamnya, seperti logam, dapat mengalirkan listrik tetapi kayu yang tidak memiliki elektron bebas tidak dapat mengalirkan. Karena listrik merupakan bentuk energi yang amat luas penggunaannya, maka perlu sekali dipahami sifat-sifatnya.

Penghantar yang menghubungkan kutub-kutub sebuah sumber listrik terletak didalam medan listrik. Karena medan listrik inilah elektron-elektron bebas didalam penghantar bergerak dan terjadilah aliran listrik. Aliran listrik yang berasal dari elemen mempunyai arah yang tetap, yaitu dari kutub

berpotensi tinggi ke kutub yang berpotensi rendah. Sedang yang berasal dari generator arahnya ada tetap dan ada yang berubah. Aliran listrik yang arahnya tetap disebut aliran listrik searah (DC = *Direct Current*) dan yang tidak tetap sering disebut aliran listrik bolak-balik (AC = *Alternating Current*).

Ada 2 macam jenis arus listrik:

- Arus searah
- Arus bolak-balik

✓

(a)Arus Listrik searah *(b) Arus listrik bolak balik*

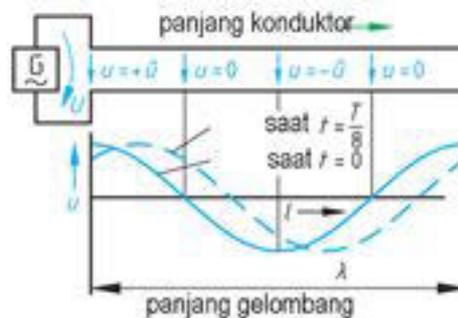
✓ *Gambar 1.2 Arus Searah (a) dan Arus Bolak-Balik (b)*

✓ Yang dimaksud dengan arus searah bilamana elektron yang bergerak secara terus menerus dengan arah yang tetap walau besarnya berubah Gambar 1.2a. Sedangkan pada arus bolak-balik, suatu masa elektron yang bergerak secara teratur bergantian arah aliran maju atau mundur, dalam Gambar 1.2b arah maju digambarkan pada sisi + (diatas garis 0) dan arah mundur digambarkan pada sisi – (dibawah garis 0). Selama elektron bergerak maju tegangan akan naik dan akan berada dalam posisi positif, dalam keadaan diam, tegangan akan menunjukkan 0 Volt dan apabila elektron bergerak mundur tegangan akan turun dan akan berada dalam posisi negatif. Biasanya arus searah didalam dunia elektronika digunakan pada radio, TV, komputer, mesin hitung dan lain-lain.

✓ Pada arus Bolak balik lebih komplek dalam menentukan beberapa harga yang dimilikinya, misalnya harga puncak, harga RMS dll, secara rinci dijelaskan seperti dibawah ini:

✓ Frekuensi dan Panjang Gelombang

✓ Frekuensi adalah jumlah periode dalam satu detik. PLN memiliki frekuensi 50 Hz, artinya dalam satu detik memiliki 50 periode. Frekuensi memiliki panjang gelombang gambar 2.9 dengan satuan (meter).

Panjang gelombang dihitung berdasarkan konstanta kecepatan cahaya : 300.000 km/detik.

Gambar 3.9 Panjang gelombang

- Persamaan panjang gelombang:

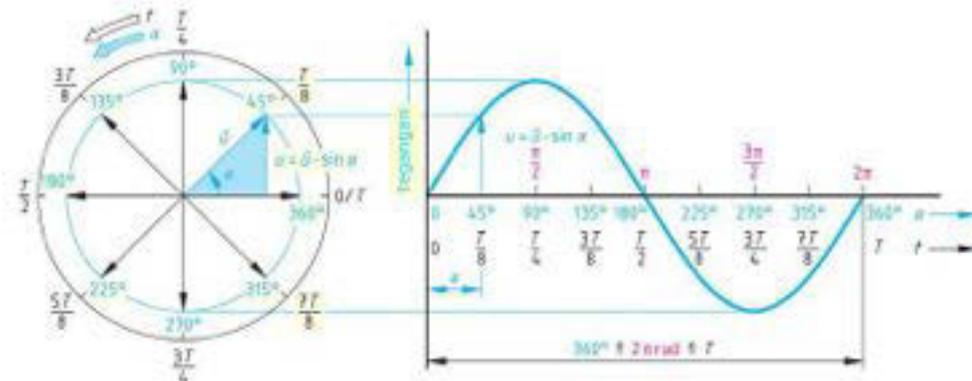
$$\lambda = \frac{c}{f} \qquad [\lambda] = \frac{\frac{m}{s}}{\frac{1}{s}} = m$$

λ : panjang gelombang (m)
c : konstanta kecepatan cahaya, 300.000 km/detik
f : frekuensi (Hz)

Contoh : Frekuensi radio *FM 100 Mhz* panjang gelombangnya sebesar :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300.10^6}{100.10^6} = \textbf{\textit{3 meter}}$$

Harga Sesaat

Gelombang sinusoida gambar-3.10 dibuat dalam bentuk diagram lingkaran dan gelombang sinusoida. Diagram lingkaran terbagi menjadi delapan bagian yang setiap segmen besarnya 450

- Harga sesaat dari gelombang sinusoida untuk suatu sudut putaran dinyatakan :

$$u = \hat{u}.\sin\alpha = \hat{u}.\sin(\omega.t)$$

- $i = \hat{i}.\sin\alpha = \hat{i}.\sin(\omega.t)$
-

u, i	harga sesaat tegangan, arus
$\hat{u}, \hat{i}$	harga maksimum tegangan, arus
ω	kecepatan sudut (radian)
φ	besarnya sudut

- Contoh: Gelombang sinusoida bervariasi dari 0 hingga 100 Volt (maksimum).
- Hitung besarnya tegangan sesaat pada sudut : 30^0 ,45^0 90^0 270^0 dari satu periode ?
- Jawaban : u = Um. sin(ωt) = Um sin α= 100 sin α
- Pada sudut
- 30^0 = 100 sin 30^0 = 100. 0,5 = 50 Volt
- 45^0 = 100 sin 45^0 = 100. 0,707 = 70,7 Volt
- 90^0 = 100 sin 900 = 100. 1,0 = 100 Volt
- 270^0 = 100 sin 2700 = 100. -1.0 = -100 Volt
-
- **Harga Rata-rata**
- Harga rata-rata dari tegangan atau arus bolak balik diperoleh dengan menghitung rata-rata harga sesaat, didapat dengan menghitung dari setengah
- periode saja.

✓ Tabel 3.2 Harga rata-rata gelombang sinusoida

Interval	Sudut α	Sin α
1	15^0	0,26
2	30^0	0,50
3	45^0	0,71
4	60^0	0,87
5	75^0	0,97
6	90^0	1,00
7	105^0	0,97
8	120^0	0,87
9	135^0	0,71
10	150^0	0,50
11	165^0	0,26
12	180^0	0,00
Jumlah		7,62
Harga rata-rata = 7,62/12 = 0,636		

✓

✓ Persamaan harga rata-rata :

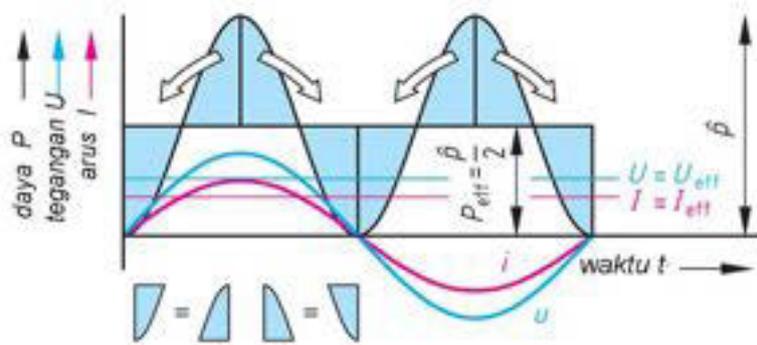
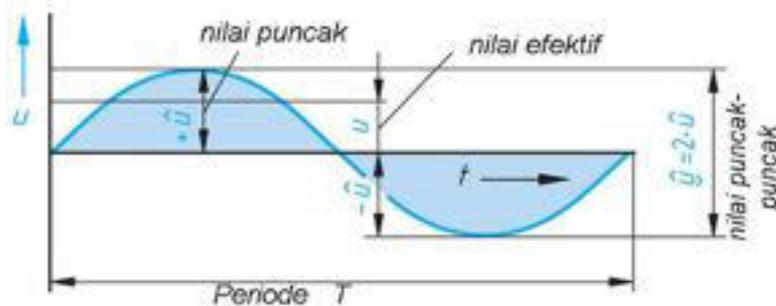
$$u_{rata-rata} = Um.0,636$$

✓ $$i_{rata-rata} = \mathrm{Im}.0,636$$

✓

✓ **Harga Efektif**

✓ Harga efektif gambar-3.11 dari suatu tegangan/ arus bolak balik (AC) adalah

✓ sama dengan besarnya tegangan/arus searah (DC) pada suatu tahanan, dimana keduanya menghasilkan panas yang sama. Tegangan PLN 220 V merupakan tegangan efektif, bukan harga tegangan sesaat dan bukan pula harga tegangan maksimum.

Gambar 3.11 : Prinsip harga efektif gelombang sinusoida

- *Gambar 3.12 :Nilai puncak, nilai efektif gelombang sinusoida.*
- Untuk menghitung tegangan dan arus efektif pada gelombang sinusoida gambar-3.12 diperoleh.

$$U = U_{eff} = \frac{Um}{\sqrt{2}} = 0{,}707.Um$$

$$I = I_{eff} = \frac{\text{Im}}{\sqrt{2}} = 0{,}707.\text{Im}$$

$U = U_{eff}$	Tegangan efektif (V)
$I = I_{eff}$	Arus efektif (A)
Im	Arus maksimum (A)
Um	Tegangan maksimum (V)

- Contoh : Tegangan bolak balik sebesar 24 V berbentuk gelombang sinusoida,
- hitung besarnya tegangan maksimum, tegangan maksimum ke maksimum.
- Jawaban:

a) $Um = \sqrt{2}.U = \sqrt{2}.24V$ **= 34 Volt**
b) $Um - m = 2.Um = 2.34V$ **= 68 Volt**

3.3 RANGKUMAN

5.2.1 Setiap besaran mempunyai satuan yang unik, dimana tidakh mungkin dari 2 besaran yang berlainan mempunyai satuan yang sama.

5.2.2 Didalam ilmu fisika besaran itu sendiri terbagi menjadi 2 yaitu : 1. Besaran pokok dan besaran Turunan

5.2.3 Besaran pokok merupakan besaran yang berdiri sendiri dimana satuannya didefinisikan terlebih dahulu serta tidak tergantung satu sama lain.

5.2.4 Sistem mutu metrik yang menjadi tulang punggung sistem satuan internasional (SI) menetapkan 7 besaran pokok

5.2.5 Besaran turunan merupakan besaran yang diturunkan dari satu atau lebih besaran pokok yang sudah didefinisikan diatas.

3.4 TUGAS

1. Sebuah truk mengangkut 20 karung atau 2.000 kg beras. Dari pernyataan tersebut, yang termasuk besaran, nilai, dan satuan adalah....
   A. berat beras, 2.000 kg, 20
   B. massa beras, 2.000, dan kg
   C. berat beras, karung, 2.000 kg
   D. massa beras, karung dan kg, 20 dan 2.000 kg
2. Besaran berikut yang sama dengan besaran panjang adalah....
   A. Volume
   B. Jarak
   C. massa
   D. Luas
3. Perhatikan tabel berikut No. Besaran Satuan 1. Massa Gram 2. Waktu Sekon 3. Panjang Sentimeter 4. Kuat arus Ampere 5. Voulme Meter kubik Berdasarkan tabel di atas, yang termasuk besaran pokok dalam satuan SI dalah nomor....
   A. 1 dan 5
   B. 3 dan 5
   C. 1 dan 4
   D. 2 dan 4
4. Kecepatan termasuk besaran turunan karena....

A. satuannya diturunkan dari satuan besaran pokok

B. memiliki satuan besaran pokok

C. memiliki satuan lebih dari satu

D. satuannya tidak bersifat internasional

5. Ani setiap hari berangkat ke sekolah pukul 06.30. Jarak rumah dengan sekolah Ani 2 km, 30 menit kemudian Ani sampai di sekolah. Besaran fisika, nilai, dan satuan berturut-turut ditunjukkan oleh....

A. jarak, 2, km, waktu, 30, menit

B. panjang, waktu, 2, 30, km, menit

C. km, menit, panjang, waktu, 2, 30

D. 2, 30, panjang, waktu, km, menit

6. Besaran turunan yang diturunkan dari besaran pokok berikut yang benar adalah...

A. volume diturunkan dari besaran pokok luas

B. berat diturunkan dari besaran pokok massa

C. luas diturunkan dari besaran pokok panjang

D. massa jenis diturunkan dari besaran pokok massa dan volume

7. Perhatikan data di bawah ini (1) Gaya (3) Tegangan (2) Daya (4) Tinggi Yang tidak termauk besaran turunan adalah. . . .

A. (1), (2), dan (3)

B. (1) dan (4)

C. (2) dan (4)

D .(4) saja

8. Kecepatan diturunkan dari besaran pokok....

A. massa dan panjang

B. massa dan waktu

C. panjang dan waktu

D. massa panjang dan waktu

9. Massa jenis diturunkan dari besaran .....

A. massa dan panjang

B. massa dan waktu

C. panjang dan waktu

D. massa , panjang dan waktu

10. Untuk sampai ke suatu tempat, Agni memerlukan 2 jam 15 menit. Waktu tersebut dalam SI adalah... .
    A. 1350 s
    B. 1800 s
    C. 3600 s
    D. 8100 s
11. Es batu yang berbentuk balok berukuran panjang 6 cm, lebar 4 cm, dan tinggi 2 cm. Volume es batu tersebut adalah....
    A. 48 dm3
    B. 4,8 dm3
    C. 0,48 dm3
    D. 0,048 dm3
12. Ali dapat berlari selama 1,95 detik untuk menempuh jarak 100 m. Besaran yang ada pada peristiwa tersebut adalah....

    A. jarak dan waktu
    B. kecepatan dan waktu
    C. jarak dan kecepatan
    D. panjang dan kecepatan

3.5 SOAL TES FORMATIF

1. Satuan tekanan dalam Sistem Internasional (SI) adalah
   a Atmosfer
   b cmHg
   c Pascal
   d mmHg
   e Newton
2. Perhatikan pasangan besaran berikut yang setara adalah
   a daya dan tekanan
   b gaya dan impuls
   C tekanan dan momentum
   d Tekanan dan impuls
   e momentum dan impuls

3. Satuan dari besaran turunan kecepatan, gaya, dan suhu menurut sistem SI adalah
   a. ms^{-1}, Pascal, Celcius
   b. ms^{-1}, Joule, Kelvin
   c. km/jam, Newton, Celcius
   d. ms^{-1}, Newton, Celcius
   e. ms^{-1}, Newton, Kelvin
4. Tentukan besaran apa yang memilikit Dimensi $ML^{-1}T^{-2}$
   a. gaya
   b. tekanan
   c. momentum
   d. energi
   e. percepatan
5. Diantara kelompok besaran di bawah ini mana yang hanya terdiri dari besaran turunan saja?
   a. kuat arus, massa, gaya
   b. suhu, massa, volum
   c. waktu, momentum, kecepatan
   d. usaha, momentum, percepatan
   e. kecepatan, suhu, jumlah zat
6. Di bawah ini yang merupakan besaran pokok menurut standard internasional adalah
   a. kilogram dan watt
   b. kilogram dan celcius
   c. meter dan detik
   d. meter dan celcius
   e. celcius dan watt
7. Satuan energi potensial dalam sistem SI adalah
   a. kg m^3 s^{-3}
   b. kg m^2 s^{-2}
   c. kg m^2 s^{-3}
   d. kg m s^{-1}
8. Yang dimaksud dengan dimensi suatu besaran adalah
   a. membandingkan besaran itu dengan satuannya

b. menyusun besaran itu dari satuannya

c. menyusun besaran menjadi besaran pokok

d. membandingkan besaran itu dengan besaran-besaran pokok

e. besaran yang disusun atas dasar besaran dasar

9. Jika M adalah dimensi massa, L adalah panjang, dan T adalah waktu, maka dimensi dari tekanan adalah?

a. $ML^{-1}T^{-1}$

b. $ML^{-1}T^{-2}$

c. MLT^{-1}

d. $ML^{2}T^{2}$

e. $ML^{-2}T^{-2}$

10. Coba sobat hitung perhatikan tabel berikut

No	Besaran	Satuan	Dimensi
1	Momentum	$kg.m.s^{-1}$	$[MLT^{-1}]$
2	Gaya	$kg\ m\ s^{-2}$	$[MLT^{-2}]$
3	Daya	$kg\ m^{2}\ s^{-3}$	$[ML^{2}T^{-3}]$

Dari tabel di atas yang mempunyai satuan dan dimensi yang benar adalah nomor?

a. 1 saja

b. 1 dan 2

c. 1, 2, dan 3

d. 1 dan 3

e. 2 dan 3

11. Dimensi dari Impuls adalah

a. $ML^{2}T^{3}$

b. $ML^{2}T^{2}$

c. MLT^{2}

d. $ML^{-1}T^{-1}$

e. MLT^{-1}

12. Energi Kinetik suatu benda dalam sistem SI dinyatakan dalam joule adalah

a. $kg.\ m^{2}\ det^{-2}$

b. $kg\ m^{-2}\ det$

c. $kg\ m\ det^{-2}$

d. $kg^{-1}\ m^{2}\ det^{-2}$

e. $kg\ m^{-3}\ det^{2}$

13. Densitas atau massa jenis memiliki dimensi?

a. MLT^{-3}

b. MLT^{-2}

c. ML^{-3}

d. ML^{2}

e. ML

14. Besaran berikut yang dimensinya sama dengan dimensi energi kinetik adalah?

a. gaya

b. daya

c. usaha

d. momentum

e. Tekanan

15. Dalam sistem SI satuan dari kalor adalah

a. kalori

b. joule

c. watt

d. derajat kelvin

e. derajat celcius

16. Dalam sistem SI satuan dari kalor adalah

a. kalori

b. joule

c. watt

d. derajat kelvin

e. derajat celcius

Dari sistem besaran di bawah ini yang termasuk besaran turunan sistem SI adalah

a. Massa

b. Panjang

c. Luas

d. Suhu

e. Jumlah zat

17. Yang merupakan pokok satuan dalam SI adalah
    a. K joule
    b. Newton
    c. Candela
    d. K volt
    e. Jam
18. Sebatang kayu mempunyai p[anjang 3 meter. Yang disebut besaran dalam pernyataan tersebut adalah
    a. 3
    b. Meter
    c. 3 meter
    d. Panjang
    e. Kayu
19. Massa jenis zat cair dalam sistem cgs (cm,gram,sekon) adalah 0,75 g $cm^{-3.}$. bila massa jenis ini di konversikan ke sistem internasiaonal (SI) , maka nilainya adalah ..... dalam kg m^{-3}
    a. 750
    b. 7500
    c. 1500
    d. 75
    e. 7,5
20. Usaha dari sebuahh gaya didefisinisikan sebagai perkalian antara gaya dengan jarak perpindahan, maka dimensi dari besaran usaha adalah
    a. MLT
    b. $M^{-1}L^{3}T^{2}$
    c. $ML^{2}T^{-2}$
    d. $ML^{-2}T^{-2}$
    e. $M^{-2}L^{2}T$
21. Momentum dapat idefisinisikan sebagai hasil kali antara massa dengan kecepatan benda tersebut, maka bila di tulis dimensinya adalah
    a. MLT^{2}
    b. ML^{3}
    c. MLT^{-1}
    d. MLT^{-2}

e. MT^{-1}

22. Sejumlah massa gas *m* yang keluar dari lubang dinding silinder yang luasnya A dalam selang waktu *t* dapat dinyatakan sebagai $m/t = k P^x A^y r^z$ dengan *k* adalah tetapan yang tidak berdimensi, P adalah tekana, adalah massa jenis gas dan x,y,z adalah eksponen, maka nilai x y dan z yang benar adalah
    a. 1,1,1
    b. ½,½,½
    c. 1, ½,½
    d. ½,,1, ½
    e. -1/2,-1, ½
23. Besaran gaya turunan dari besaran-besaran
    a. Massa, waktu
    b. Massa, panjang
    c. Panjang, waktu
    d. Massa, panjang, waktu
    e. Massa, luas, panjang
24. Hasil pengukuran sisi-sisi dari sebuah segitiga ABC masing-masing AB = 17,51 cm , Bc = 20,22 cm dan Ac = 22,34 cm, maka keliling segitiga adalah .....cm
    a. 60,07
    b. 60,1
    c. 60,0
    d. 60
    e. 61
25. Seorang siswa mengedakan suatu pengukuran terhadap sebuah balok. Panjang balok 12,15 cm, lebarnya 8,12 cm dan tingginya 3,25 cm, maka volumenya adalah ......cm^3
    a. 320,6385
    b. 320,638
    c. 320,63
    d. 320,64
    e. 321

26. Kesalahan instrumaen yang disebabkan oleh pembacaan skala alat digolongkan kesalahan
    a. Relatif
    b. Umum
    c. Sistematik
    d. Acak
    e. Lingkungan
27. Sebidang sawah berupa empat persegi panjang yang panjang 132 meter dan lebarnya 100 meter, maka luas bidang tanah yang aturan angka penting adalah .....m^2
    a. 13200
    b. 12000
    c. 11000
    d. 10000
    e. 9000
28. Hasil itungan besaran-besaran fisika yang berdasarkan aturan angka penting adalah sebagai berikut :

    1. 16,83 m^2
    2. 132,54 N
    3. 525,25 N/m
    4. 1000 J

    Yang mempunyai 1 angka penting adalah
    a. 1
    b. 2
    c. 3
    d. 4
    e. 1,2,3,dan 4
29. Notasi ilmiah dari bilangan 0,00001437 adalh
    a. $1,437 \times 10^{-5}$
    b. $14,37 \times 10^{-6}$
    c. $14,38 \times 10^{-5}$
    d. $1,40 \times 10^{-5}$
    e. $143,8 \times 10^{-4}$

30. Sebutkan benda ditimbang massa 60 gram dan di ukur volumenya 80 cm^3,berapa massa jenis benda tersebut .... kg m^{-3}
    a. 75
    b. 750
    c. 800
    d. 1200
    e. 1500
31. Ketidakpastian pengukurun yang digunaka alat jangka sorong dan mikrometer berturut-turut adalah
    a. 0,001 mm dan 0,001 mm
    b. 0,005 mm dan 0,005 mm
    c. 0,001 cm dan 0,001 cm
    d. 0,005 cm dan 0,005 mm
    e. 0,005 cm dan 0,005 cm

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

……………………………………………………………………………………………………

4. Kegiatan Belajar 3

RESISTOR PADA RANGKAIAN LISTRIK

4.1 Tujuan Pembelajaran

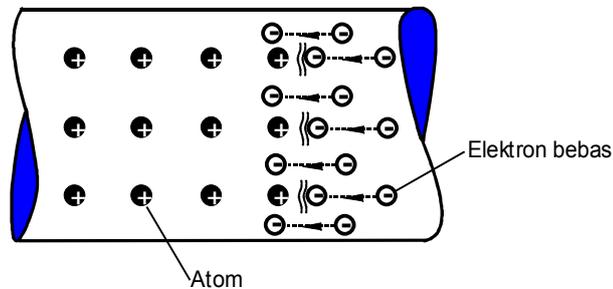
Setelah mempelajari modul ini siswa dapat:

- Menjelaskan unsur apa saja yang menyebabkan terjadinya unsur hambatan dalam penghantar
- Menjelaskan hubungan antara tahanan jenis dengan nilai resistansi dari penghantar
- Menjelaskan hubungan antara resistansi dan konduktansi dari bahan atau material
- Menjelaskan klasifikasi dari resistor yang didasarkan pada nilai resistornya
- Menjelaskan standard resistor berdasarkan IEC, dari jumlah varian, jumlah kode ring warna dan toleransi
- Menjelaskan cara membaca nilai resistor dengan kode warna 4 beserta toleransinya
- Menjelaskan cara membaca nilai resistor dengan kode warna 5 beserta toleransinya.
- Menjelaskan perbedaan kelebihan resistor yang memiliki 6 gelang warna jika dibandingkan dengan yang 4 dan 5
- Menjelaskan spesifikasi resistor tipe termistor Negatif temperatur Coeficien atau NTC, dan aplikasinya

- Menjelaskan spesifikasi resistor tipe termistor Positif temperatur Coeficien atau PTC dan aplikasinya
- Menjelaskan spesifikasi resistor tipe VDR Voltage Depend Resistor dan aplikasinya

4.2 Uraian Materi

4.2.1 RESISTOR

Gerakan pembawa muatan dengan arah tertentu di bagian dalam suatu penghantar terhambat oleh terjadinya tumbukan dengan atom-atom (ion-ion atom) dari bahan penghantar tersebut. "Perlawanan" penghantar terhadap pelepasan arus inilah disebut sebagai *tahanan* (gambar 3.1).

Gambar 3.1 Gerakan elektron didalam penghantar logam

- Satuan SI yang ditetapkan untuk tahanan listrik adalah Ohm.
- Simbol formula untuk tahanan listrik adalah R
- Simbol satuan untuk Ohm yaitu Ω (baca: Ohm). Ω adalah huruf Yunani Omega.
- Satuan SI yang ditetapkan 1 Ω didefinisikan dengan aturan sbb. : 1 Ohm adalah sama dengan tahanan yang dengan perantaraan tegangan 1 V mengalir kuat arus sebesar 1 A.

  Pembagian dan kelipatan satuan :

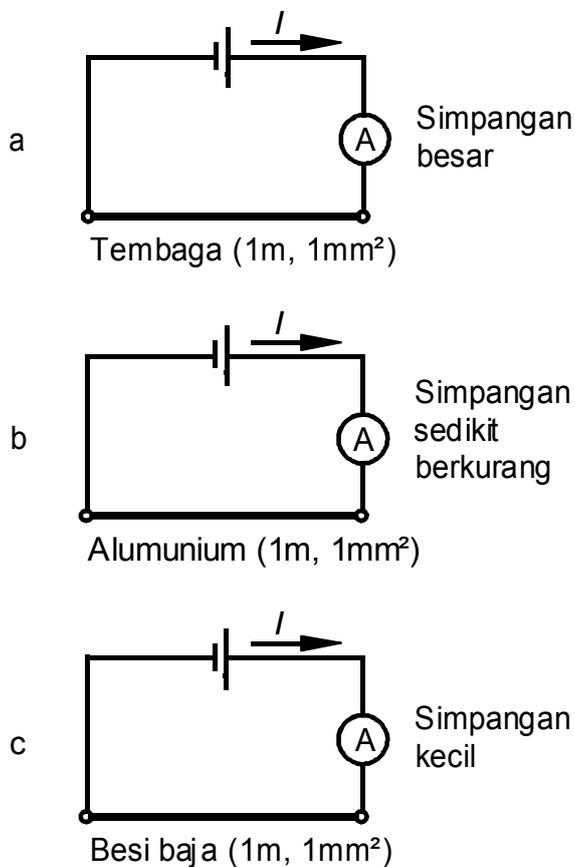
1 MΩ = 1 Megaohm	=	1000000 Ω	= 10^{6} Ω
1 kΩ = 1 Kiloohm	=	1000 Ω	= 10^{3} Ω
1 mΩ = 1 Milliohm	=	1/1000 Ω	= 10^{-3} Ω

4.2.2 Tahanan jenis (spesifikasi tahanan)

Percobaan :

Penghantar bermacam-macam bahan (tembaga, alumunium, besi

baja) dengan panjang dan luas penampang sama berturut-turut dihubung ke sumber tegangan melalui sebuah ampermeter dan masing-masing kuat arus (simpangan jarum) diperbandingkan.

Percobaan memperlihatkan bahwa besarnya arus listrik masing-masing bahan berlawanan dengan tahanannya. Tahanan ini tergantung pada susunan bagian dalam bahan yang bersangkutan (kerapatan atom dan jumlah elektron bebas) dan disebut sebagai *tahanan jenis (spesifikasi tahanan).*

Gambar 3.2 Perbandingan tahanan suatu penghantar: a)Tembaga b)Alumunium dan c)Besi baja

Simbol formula untuk tahanan jenis adalah ρ (baca: rho). ρ adalah huruf abjad Yunani, Untuk dapat membandingkan bermacam-macam bahan, perlu bertitik tolak pada kawat dengan panjang 1 m dan luas penampang 1 mm^2, dalam hal ini tahanan diukur pada suhu 20 ^{O}C.

Tahanan jenis suatu bahan penghantar menunjukkan bahwa angka yang tertera adalah sesuai dengan nilai tahanannya untuk panjang 1 m, luas penampang 1 mm^2 dan pada temperatur 20 ^OC

Satuan tahanan jenis adalah $\frac{\Omega . mm^2}{m}$

Sebagai contoh, besarnya tahanan jenis untuk :

tembaga ρ = 0,0178 $\Omega.mm^2/m$

alumunium ρ = 0,0278 $\Omega.mm^2/m$

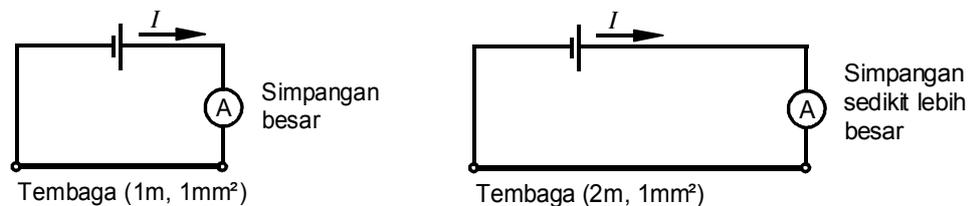
perak ρ = 0,016 $\Omega.mm^2/m$

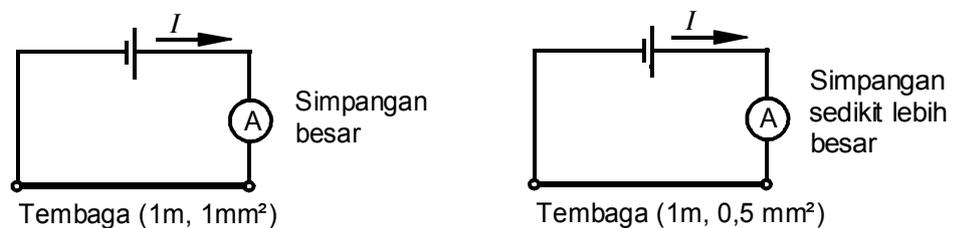
Untuk nilai yang lain dapat dilihat pada tabel (lihat lampiran 1)

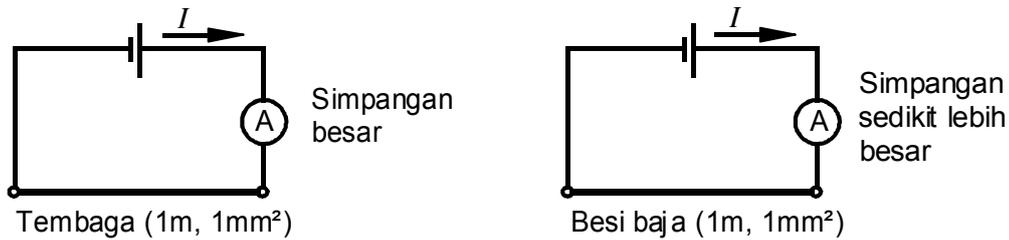
4.2.3 Tahanan listrik suatu penghantar

Percobaan :

Bermacam-macam penghantar berturut-turut dihubungkan ke sumber tegangan melalui sebuah ampermeter dan masing-masing kuat arus (simpangan jarum) diperbandingkan.

a) *Panjang penghantar berbeda*

Gambar 3.3 Rangkaian arus dengan panjang penghantar berbeda

b) *Luas penampang berbeda*

Gambar 3.4 Rangkaian arus dengan luas penampang penghantar berbeda

c) *Bahan penghantar berbeda*

Gambar 3.5 Rangkaian arus dengan bahan penghantar berbeda

Dari percobaan diatas terlihat bahwa :

Tahanan listrik suatu penghantar R semakin besar,

a) Jika penghantar semakin panjang

b) Jika luas penampang A semakin kecil

c) Jika tahanan jenis ρ semakin besar.

Ketergantungan tahanan terhadap panjang penghantar dapat dijelaskan disini, bahwa gerakan elektron didalam penghantar yang lebih panjang mendapat rintangan lebih kuat dibanding pada penghantar yang lebih pendek. Dalam hal jumlah elektron-elektron yang bergerak dengan jumlah sama, maka pada penghantar dengan luas penampang lebih kecil terjadi tumbukan yang lebih banyak, berarti tahanannya bertambah.

Bahan dengan tahanan jenis lebih besar, maka jarak atomnya lebih kecil dan jumlah elektron-elektron bebasnya lebih sedikit, sehingga menghasilkan tahanan listrik yang lebih besar. Ketergantungan tahanan listrik tersebut dapat diringkas dalam bentuk rumus sebagai berikut :

$$\text{Tahanan } R = \frac{\text{Tahanan jenis } \rho \bullet \text{Panjang penghantar } l}{\text{Luas penampang } A}$$

Ditulis dengan simbol formula :

Tahanan penghantar

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

R tahanan penghantar dalam Ω

ρ tahanan jenis dalam $\Omega.mm^2/m$

l panjang penghantar dalam m

A luas penampang dalam mm^2

Persamaan diatas dapat ditransfer kedalam bermacam-macam besaran, dengan demikian secara perhitungan dimungkinkan juga untuk menentukan panjang penghantar, tahanan jenis dan luas penampang.

Panjang penghantar	$l = \frac{R \cdot A}{\rho}$
Tahanan jenis	$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$
Luas penampang	$A = \frac{\rho \cdot l}{R}$

Melalui penempatan satuan kedalam persamaan tahanan jenis, maka diperoleh satuan tahanan jenis.

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l}; \qquad \rho \text{ dalam } \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

Contoh soal :

1. Suatu penghantar dengan luas penampang 10 mm^2.

   Berapa besarnya tahanan untuk panjang 500 m, jika digunakan penghantar a) tembaga b) alumunium ?

   JAWABAN:

   Diketahui : $A = 10\ mm^2$

   $l = 500$ m

   $\rho_{Cu} = 0{,}0178\ \Omega.mm^2/m$

   $\rho_{Al} = 0{,}0278\ \Omega.mm^2/m$

   Hitunglah : R_{cu} , R_{Al}

   Jawab : a) $R_{Cu} = \frac{\rho_{Cu} \cdot l}{A}$;

   $$R_{Cu} = \frac{0{,}0178 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \cdot 500\,m}{10\,mm^2} = 0{,}89\,\Omega$$

   b) $R_{Al} = \frac{\rho_{Al} \cdot l}{A}$;

   $$R_{Al} = \frac{0{,}0278 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \cdot 500\,m}{10\,mm^2} = 1{,}39\,\Omega$$

2. Kawat baja 250 m dan luas penampang 1 mm^2 mempunyai tahanan 35 Ω, Berapa besarnya tahanan jenis kawat tersebut ?

JAWABAN:

Diketahui : l = 250 m

A = 1 mm2

R = 35 Ω.

Hitunglah : ρ

Jawab : $\rho = \frac{R \, . \, A}{l}$;

$$\rho = \frac{35\,\Omega \, . \, 1 mm^2}{250\, m} = 0{,}14 \frac{\Omega \, . \, mm^2}{m}$$

3. Sebuah jamper alat ukur panjang 12 m terbuat dari kawat tembaga berisolasi dan harus mempunyai tahanan 0,0356 Ω. Berapa besarnya luas penampang penghantar tersebut ?

JAWABAN:

Diketahui : l = 12 m

R = 0,0356 Ω

ρ_{Cu} = 0,0178 $\Omega.mm^2/m$

Hitunglah : A

Jawab : $A = \frac{\rho \, . \, l}{R}$;

$$A = \frac{0{,}0178 \frac{\Omega \, . \, mm^2}{m} \, . \, 12\, m}{0{,}0356\,\Omega} = 6\, mm^2$$

4.2.4 Daya hantar dan hantar jenis

Suatu beban dengan tahanan yang kecil menghantarkan arus listrik dengan baik. Dikatakan : “dia memiliki *daya hantar yang besar*”, Daya hantar yang besar sepadan dengan tahanan yang kecil dan sebaliknya daya hantar kecil sepadan dengan tahanan besar.

Daya hantar adalah kebalikan tahanan

$$\text{Daya hantar} = \frac{1}{\text{Tahanan}}$$

- Satuan SI yang ditetapkan untuk daya hantar adalah Siemens.
- Simbol formula untuk daya hantar adalah G.
- Simbol satuan untuk Siemens adalah S.

➢ *Daya hantar*	$G = \frac{1}{R}$	G daya hantar listrik dalam S
Tahanan	$R = \frac{1}{G}$	R tahanan listrik dalam Ω

Nilai yang lebih kecil :

1 mS = 1 Millisiemens = 10^{-3} S 1 μS = 1 Mikrosiemens = 10^{-6} S

Suatu bahan penghantar dengan tahanan jenis kecil menghantarkan arus listrik dengan baik, dia sanggup menghantarkan arus listrik dengan sangat baik. Hal ini disebut sebagai besaran *hantar jenis* atau besaran *spesifikasi daya hantar* dari bahan, Analog dengan daya hantar dapat ditetapkan disini :

Hantar jenis adalah kebalikan tahanan jenis.

Satuan untuk hantar jenis adalah $\frac{m}{\Omega . mm^2}$.

Simbol formula untuk hantar jenis adalah γ (baca gamma). γ adalah huruf abjad Yunani.

$$\text{Hantar jenis} = \frac{1}{\text{Tahanan jenis}}$$

Hantar jenis	$\gamma = \frac{1}{\rho}$	γ hantar jenis dalam $\frac{m}{\Omega . mm^2}$
Tahanan jenis	$\rho = \frac{1}{\gamma}$	ρ tahanan jenis dalam $\frac{\Omega . mm^2}{m}$

Untuk beberapa pemikiran sangatlah tepat, menghitung dengan menggunakan daya hantar ataupun hantar jenis. Dengan bantuan hantar jenis (spesifikasi daya hantar) diperoleh rumus perhitungan untuk tahanan kawat sebagai berikut :

Tahanan penghantar	$R = \frac{l}{\gamma . A}$	R tahanan penghantar dalam Ω γ hantar jenis dalam m/Ω.mm² *l* panjang penghantar dalam m

A luas penampang dalam mm^2

Contoh Soal:

1. Berapa besarnya daya hantar untuk tahanan berikut ini :
   5 Ω; 0,2 Ω; 100 Ω ?

   Jawaban: $G = \frac{1}{R}$; $G = \frac{1}{5\,\Omega} = 0{,}2\,S$

   $G = \frac{1}{0{,}2\,\Omega} = 5\,S$; $G = \frac{1}{100\,\Omega} = 0{,}01\,S = 10\,mS$

2. Berapa besarnya hantar jenis perak, tembaga dan alumunium jika sebagai tahanan jenis berturut-turut terdapat nilai sbb. :

   ρ_{tembaga} = 0,0178 $\Omega.mm^2/m$.

   $\rho_{\text{alumunium}}$ = 0,0278$\Omega.mm^2/m$.

   ρ_{perak} = 0,016 $\Omega.mm^2/m$.

   Jawaban : $\gamma = \frac{1}{\rho}$;

$$\gamma_{\text{tembaga}} = \frac{1}{0{,}0178\,\frac{\Omega.mm^2}{m}} = \frac{1\,m}{0{,}0178\,\Omega.mm^2} = 56{,}2\,\frac{m}{\Omega.mm^2}$$

$$\gamma_{\text{alumunium}} = \frac{1}{0{,}0278\,\frac{\Omega.mm^2}{m}} = 36\,\frac{m}{\Omega.mm^2}$$

$$\gamma_{\text{perak}} = \frac{1}{0{,}016\,\frac{\Omega.mm^2}{m}} = 62{,}5\,\frac{m}{\Omega.mm^2}$$

4.2.5 Resistor

Resistor (perlawanan=hambatan) merupakan suatu perwujudan alami dan dapat ditemukan dalam semua material kecuali super penghantar (*super conductor*). Sifat suatu resistor akan melawan arah arus seperti yang telah dibuktikan didalam hukum Ohm, dimana besarnya nilai perlawanan (resistansi) dapat diasumsikan dan digolongkan sebagai komponen linier ideal. Tetapi

dalam keadaan yang sebenarnya adalah tidak demikian, dimana nilai tersebut bervariasi terhadap material penghantar dan temperatur.

4.2.5.1 Resistor tetap

Komponen resistor merupakan komponen yang paling banyak digunakan didalam rangkaian elektronik. Contoh aplikasi yang paling sering digunakan adalah dipakai sebagai pembagi tegangan atau arus. Berdasarkan ketentuan spefikasinya, macam dan jenis resistor tetap pada umumnya dibedakan berdasarkan konstruksi, jenis bahan, dan proses fabrikasinya. Jenis bahan resistor-resistor tersebut yang lazim berupa komposisi karbon, lapisan karbon, oksida karbon, selaput logam, lapisan logam, dan lilitan kawat.

Seperti telah disebutkan, bahwa untuk penggunaan banyak aplikasi, resistor-resistor yang terbuat dari bahan logam, oksida logam, atau lapisan logam adalah jenis-resistor yang umum digunakan. Terutama karena jenis resistor ini dapat memberikan rentang resistansi yang cukup lebar (umumnya berkisar antara 10Ω sampai 1MΩ), mempunyai koefisien suhu yang rendah (diatas ± 250 ppm/°C), dan mempunyai tingkat stabilitas yang sangat baik meskipun dalam keadaan disimpan (tidak beroperasi) maupun dalam keadaan beroperasi. Sedangkan untuk jenis komposisi karbon tidak begitu banyak dipergunakan karena jenis bahan resistor ini mempunyai faktor stabilitas yang sangat rendah, begitu juga dengan koefisien suhunya yang buruk (diperkirakan -1200 ppm/°C).

Salah satu cara untuk mengetahui dan menandai besarnya nilai resistansi dari sebuah resistor adalah cukup dengan memberikan kode warna pada badannya. Untuk memudahkan didalam penggunaan, untuk itu perlu suatu pengelompokan ukuran dan urutan nilai resistansi dari resistor. Standar aturan yang dipakai oleh *IEC (International Electrical Commision)*, diperlihatkan pada Table 3.1.

Tabel 3.1. Urutan resistor menurut IEC

Seri E24	Seri E12	Seri E6	Seri E24	Seri E12	Seri E6
1,0	1,0	1,0	3,3	3,3	3,3
1,1			3,6		
1,2	1,2		3,9	3,9	
1,3			4,3		
1,5	1,5	1,5	4,7	4,7	4,7
1,6			5,1		
1,8	1,8		5,6	5,6	
2,0			6,2		
2,2	2,2	2,2	6,8	6,8	6,8
2,4			7,5		
2,7	2,7		8,2	8,2	
3,0			9,1		

(Sumber: Heinrich Hüscher, 1993:61)

Konstruksi tipikal dari resistor-resistor tetap diperlihatkan pada Gambar 2.1. Jenis komposisi karbon dibuat dengan jalan mencampur karbon yang sudah dihaluskan dengan bahan pengikat damar dan bahan pengisi yang bersifat sebagai isolasi. Hasil pencampuran dimampatkan, dibentuk menjadi batangan, dan kemudian dipanasi didalam alat pemanas. Perbandingan antara karbon dan bahan pengisi yang mengisolasi akan menentukan nilai resistansi. Bagian penutup ujung yang dilapisi perak diberi sambungan-sambungan tembaga berlapis timah kemudian ditekan pada batangan resistor. Sedangkan kemungkinan cara lain, terdapat beberapa pabrik karbon batangan yang sudah terbentuk, disekeliling sambungan dibuat sedemikian rupa sehingga sambungan tersebut nampak terbenam. Sehingga cara ini memungkinkan sekali secara mekanik nampak lebih baik dan kuat, dan dapat mengurangi resiko terjadinya desah elektrik sebagai akibat sambungan yang buruk. Proses terakhir adalah semua resistor tersebut diberi lapisan plastik atau pernis yang

berfungsi sebagai isolasi elektrik dan pelindung terhadap kelembaban udara basah.

Gambar 3.6. Konstruksi berbagai macam Resistor Tetap

Menurut hukum ohm dapat dinyatakan: $v(t) = i(t) \cdot R$ dimana

$v(t)$ = tegangan terhadap perubahan waktu (t)

$i(t)$ = arus terhadap perubahan waktu (t)

R = nilai resistansi dalam (ohm)

Pada resistor-resistor film dibuat dengan cara mengendapkan lapisan bahan resistif secara merata pada batangan keramik bermutu tinggi. Bahan reistor ini dapat berupa karbon murni (selaput karbon); chromium nikel (selaput logam); campuran logam dan gelas (lapisan logam); atau logam dan oksida (oksida logam). Pemilihan batangan keramik sangat penting karena dapat meningkatkan dan menurunkan sifat-sifat nilai resistor. Misalnya, untuk menghindari keretakan, maka pemuaian thermalnya harus sama dengan pemuaian bahan film. Bahan yang umum dipergunakan adalah aluminium. Kemudian nilai resistansi dapat ditentukan dengan cara membuat irisan jejak melingkar/berulir sebagian dari bahan film yang resistif tersebut. Dengan mengatur jarak yang sangat berdekatan sedemikian rupa sehingga nilai resistansi dapat diperbesar sampai mencapai 100 kali lebih. Teknik pembuatan berulir ini mempunyai keuntungan yaitu bahwa faktor kesalahan/toleransi dapat diperbaiki hingga sangat rapat mencapai $\pm$ 1% atau lebih baik.

Pada resistor jenis film, hubungan jenis bahan yang dipergunakan dan ketebalan lapisan film sangat menentukan nilai resistansi awal. Sebagai contoh, bahan dari film logam dari khrom-nikel dengan ketebalan $150\,\mathring{A}$ (0.015μm), akan memberikan nilai resistansi sekitar 125Ω per satuan luas. Persamaan

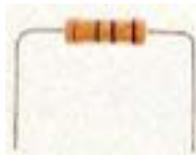
Pada resistor film – lapisan logam, proses pembuatannya adalah sebagai berikut:

Pertama, sepotong logam, baik khrom, tungsten, thalium, tantalum, atau jenis lainnya, digiling menjadi partikel-partikel kecil dalam ukuran micron. Selanjutnya, logam yang sudah menjadi bubuk tersebut dicampur bubuk gelas dengan ukuran serupa dengan bahan pelarut organik. Persentase campuran antara bubuk gelas dengan bubuk logam akan menentukan resistansi lembaran lapisan bahan, atau disebut juga dengan istilah *resistive ink*. Kemudian resistansi yang berupa lembaran tersebut, dilapiskan pada batangan keramik, lalu dipanaskan pada suhu sekitar $1150\,^{o}C$ selama kurang lebih 30 menit. Pada proses ini menyebabkan serbuk gelas meleleh dan mulai mengalir, sehingga melekatkan lapisan pada batangan keramik dan menghasilkan resistor dengan nilai resistansi yang sangat stabil. Bagian ujung diberi penutup dengan sambungan tembaga berlapis timah dan penentuan nilai resistansi dibuat dengan pola irisan jejak berulir pada lapisan dengan menggunakan roda intan. Resistor yang telah selesai kemudian dilapisi dengan bahan plastik sebagai isolasi elektrik dan perlindungan terhadap pengaruh lingkungan.

Kebanyakan resistor-resistor film bahan jenis lapisan logam mempunyai nilai disipasi daya nominal tipikal sebasar 250mW sampai dengan nilai nominal 2W. Pada resistor lilitan kawat dibuat dengan cara melilitkan kawat resistansi pada sebuah bahan isolator. Bahan resistansi yang lazim dipergunakan adalah khrom-nikel (*nichrome*), senyawa-senyawa nikel (Eureka), dan senyawa-senyawa dari nikel dan perak.

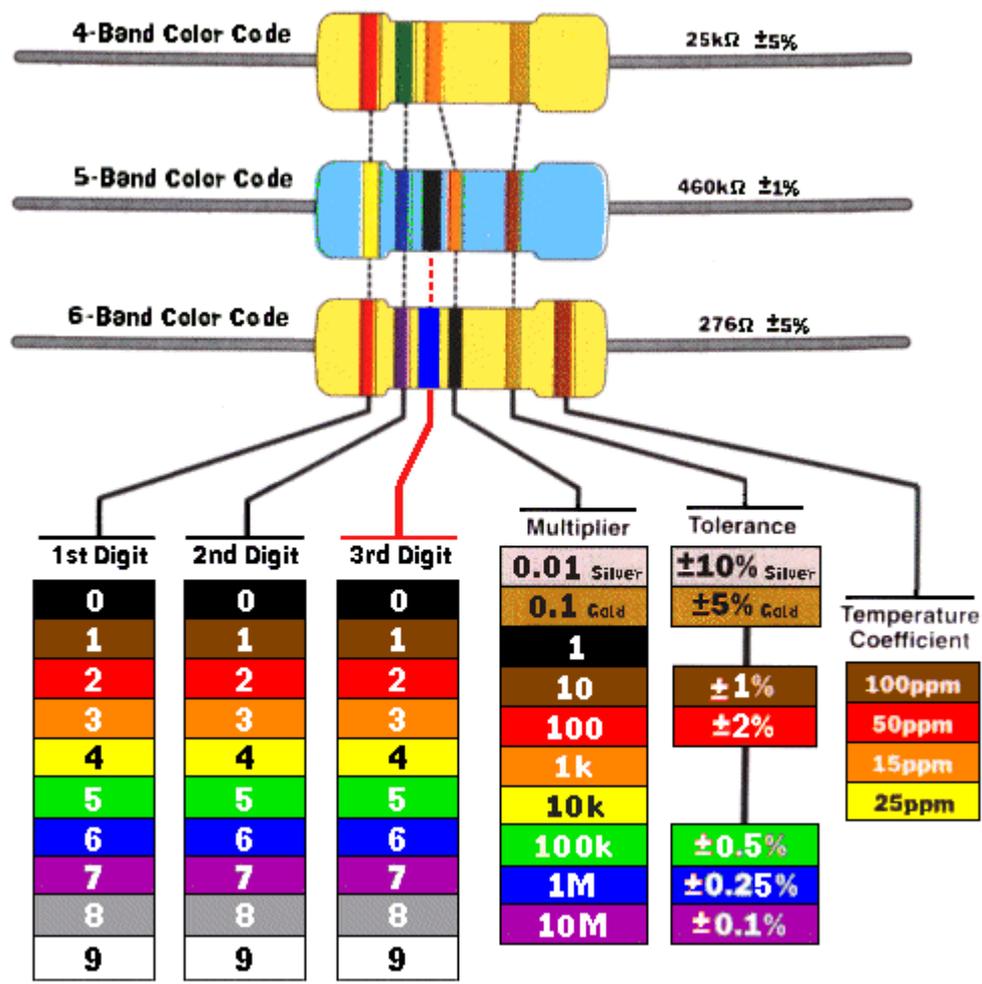
Proses pembuatan kawat dilakukan dengan cara menarik dengan menggunakan mesin cetakan yang telah disesuaikan ukurannya dan kemudian disepuh agar dihasilkan kulitas yang baik. Kawat yang telah terbentuk, harus mempunyai keseragaman yang baik, dapat dengan mudah dibentuk, tahan korosi, dan mempunyai resistivitas yang cukup tinggi. Kemampuan mudah dibentuk adalah salah satu persyaratan yang penting, dengan demikian bila kawat tersebut dililitkan, tidak akan mudah retak atau patah.

Karakteristik dan pola kegagalan resistor sangat tergantung pada jenis bahan yang digunakan, metoda pembuatan, situasi operasi dan lingkungan, serta nilai resistansinya. Pada waktu beroperasi, setiap resistor harus mendisipasikan daya. Pada kondisi suhu keliling rendah dapat didisipasikan sejumlah daya yang besar, tetapi untuk disipasi daya yang lebih rendah akan menghasilkan tingkat stabilitas yang lebih baik dengan tingkat kesalahan yang

lebih rendah. Karena secara umum resistor mempunyai bentuk dan konstruksi yang seragam, maka kenaikan suhu yang disebabkan oleh daya yang terdisipasikan akan maksimum di bagian tengah badan resistor. Proses ini yang dinamakan suhu titik panas.

(a) Resistor Karbon film

(b) Metal film

(c) Wire wound

Gambar 3.7. Fisik resistor

Gambar 3.8. Kode warna resistor tetap

Contoh Cara membaca resistor dengan 4 kode warna

Pita ke-1 = MERAH = 2 (Nilai digit ke-1)

Pita ke-2 = UNGU = 7 (Nilai digit ke-2)

Pita ke-3 = KUNING = 1K = 1000 (Faktor Pengali)

Pita ke-4 = EMAS = 5 % (Toleransi)

Jawabannnya adalah 27 x 1000 ± 5% = 27.000 ± 5%

R maks = 27.000 + (5% x 27.000) = 28.350 Ω

R min = 27.000 – (5% x 27.000) = 25.650 Ω

Contoh Cara membaca resistor dengan 5 kode warna

Pita ke-1 = BIRU = 6 (Nilai digit ke-1)

Pita ke-2 = MERAH = 2 (Nilai digit ke-2)

Pita ke-3 = COKLAT= 1 (Nilai digit ke-3)

Pita ke-4 = COKLAT = 10 (Faktor Pengali)

Pita ke-5 = COKLAT = 1% (Toleransi)

Jawabannya adalah : 621 x 10 ± 1% = 6.210 ± 1%

R maks = 7.540 + (1% x 7.540) = 7.615,4 Ω

R min = 7.540 - (1% x 7.540) = 7464,6 Ω

Dengan koefisien temperature 50 ppm.

Contoh Cara membaca resistor dengan 6 kode warna

Pita ke-1 = UNGU = 7 (Nilai digit ke-1)

Pita ke-2 = HIJAU = 5 (Nilai digit ke-2)

Pita ke-3 = KUNING= 4 (Nilai digit ke-3)

Pita ke-4 = COKLAT = 10 (Faktor Pengali)

Pita ke-5 = COKLAT = 1% (Toleransi)

Pita ke-6 = MERAH = 50 ppm (Koefisien temperatur)

Jawabannya adalah : 754 x 10 ± 1% = 7.540 ± 1%, 50 ppm

R maks = 7.540 + (1% x 7.540) = 7.615,4 Ω

R min = 7.540 - (1% x 7.540) = 7464,6 Ω

Dengan koefisien temperature 50 ppm.

4.2.5.2 Resistor Variabel (Potensiometer)

Konstruksi dasar resistor yang dapat diatur terdiri atas suatu jalur yang terbuat dari bahan resistif dan penjejak (wiper) yang dapat digerakan sedemikian rupa sehingga membuat kontak dengan jalur resistif. Konstruksi yang paling sederhana seperti diperlihatkan pada Gambar 1.12. Metode pembuatan dari resistor ini dapat dikelompokan dalam tiga kelompok utama, yaitu dibedakan berdasarkan bahan resistif yang digunakan:

a. Karbon, dapat berupa cetakan dengan komposisi karbon berupa jalur yang kokoh, atau suatu lapisan karbon ditambah bahan pengisi yang fungsinya untuk mengisolasi lapisam bawah (substrate).
b. Lilitan kawat, nichrome atau kawat resistansi lainnya yang dlilit pada bahan pembentuk yang sesuai.
c. Cermet, suatu lapisan resistansi film yang tebal pada lapisan bawahnya berupa keramik.

Beberapa jenis resistor 78ariable yang berlainan telah banyak dibuat, seperti misalnya dari lilitan tunggal jenis geser dengan bentuk terbuka maupun tertutup, sampai dengan yang memiliki banyak lilitan (multi-turn). Komponen jenis ini mempunyai nilai resistansi mudah diatur secara halus secara terus menerus sepanjang keseluruhan jalurnya, maka dari itu sebuah potensiometer pada penerapannya secara mekanik harus kuat, stabil dan dapat dipakai untuk melakukan putaran yang berulang-ulang sebelum mengalami kegagalan. Pada umumnya kebutuhan akan sebuah potensiometer termasuk dalam salah satu dari katagori berikut:

a. Dipakai untuk penyetelan awal (preset) atau trimer
b. Pengatur untuk kegunaan umum, misalnya pengatur nada suara
c. Pengatur presisi.

(a) Potensiometer (b) Trimmer (c) Rheostats

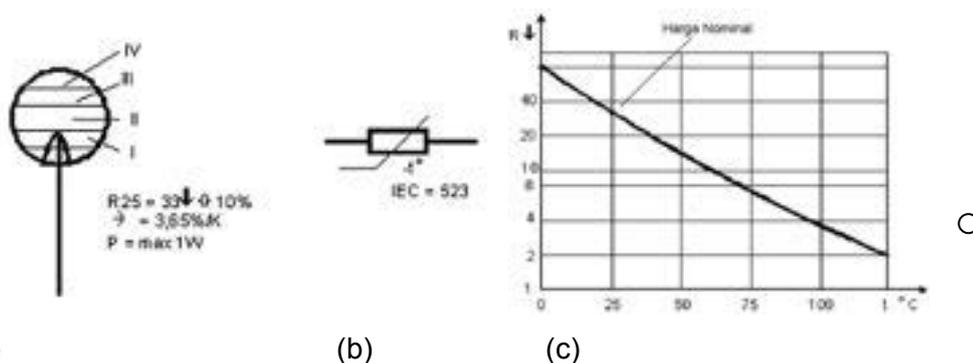
Gambar 3.9. Konstruksi resistor variable

4.2.5.3 Resistor Panas (NTC)

Termistor NTC (*Negative Coefisien Temperature*) merupakan resistor dengan koefisien temperatur negatif yang sangat tinggi. Termistor jenis ini dibuat dari oksida dari kelompok elemen transisi besi (misalnya FE_2O_3, N_iO CoO dan lain - lain) .

Oksida - oksida ini mempunyai resistivitas yang sangat tinggi dalam zat murni , tetapi bisa ditransformasikan kedalam semi konduktor dengan jalan menambahkan sedikit ion - ion lain yang valensinya berbeda .

Harga nominal biasanya ditetapkan pada temperatur 25^{o}C . Perubahan resistansi yang diakibatkan oleh non linieritasnya ditunjukkan dalam bentuk diagram resistansi dengan temperatur , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 berikut ini.

(a) (b) (c)

Gambar 3.10 (a) Bentuk fisik (b) simbol NTC (c) Grafik nilai tahanan NTC akibat suhu

Bilamana memungkinkan untuk menemukan termistor NTC untuk memenuhi seluruh harga NTC yang dibutuhkan, kadang - kadang jauh lebih ekonomis bila beberapa NTC digabung atau diadaptasikan harga-harga resistansi yang sudah ada dalam rangkaian dengan salah satu atau lebih termistor NTC yang kita punyai .

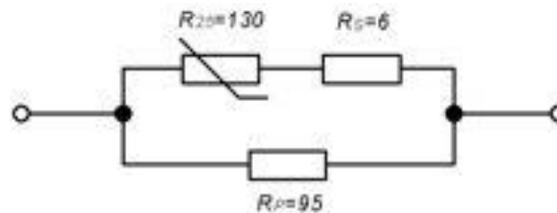
Kadang-kadang , dengan menambah resistor seri dan paralel dengan NTC , dan kita bisa memperoleh harga termistor NTC standart yang kita perlukan . Seandainya tidak bisa maka kita perlu mencari type termistor NTC khusus yang kita butuhkan .

Jadi seandainya dari seluruh kombinasi resistor yang telah kita lakukan kita tidak mendapat harga NTC standart yang kita butuhkan , maka dalam hal ini kita perlu mencari NTC sesuai dengan spesifikasi yang kita butuhkan. Dalam

suatu rangkaian dimana terdapat suatu NTC , maka rangkaian resistor tambahan seringkali banyak manfaatnya .

Contoh berikut ini akan menunjukkan dan menjelaskan suatu hasil kombinasi antara NTC dengan resistor biasa .Anggap saja sekarang kita sedang membutuhkan termistor NTC dengan harga yang berkisar antara 50 Ω pada 30^{o} C dan 10 Ω pada 100^{o}C . Tentunya type standart yang mempunyai karakteristik demikian tidak terdapat dalam program kita . Sekalipun demikian , kita tak perlu cemas sebab masalah ini bisa kita atasi dengan satu buah NTC standart dan dua buah resistansi biasa .

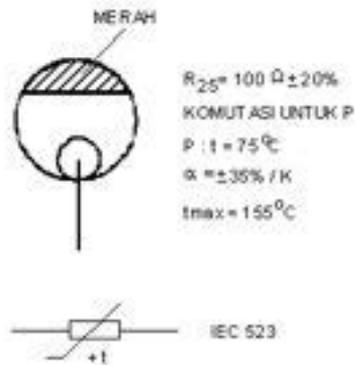
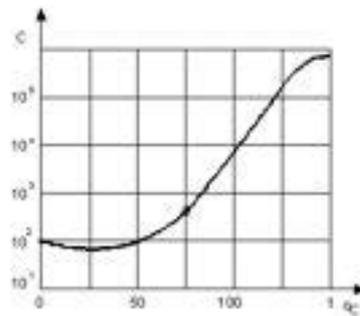
Seandainya sekarang yang terdapat sebuah NTC dengan tahanan dingin sebesar 130 Ω , lalu coba kita pasang dengan kombinasi seri dan paralel dengan sebuah resistor biasa sebesar 6 Ω dan resistor lain sebesar 95 Ω, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.11.

Dari kombinasi ini , kebutuhan kita akan resistansi pada temperatur 30 ^{o}C dan pada temperatur 100 ^{o} C akan bisa terpenuhi .

Gambar 3.11. Rangkaian Karakteristik Deviasi

4.2.5.4 Resistor Dingin (PTC)

P(ositive) T(emperatur) C(oefficient) atau termistor PTC adalah suatu resistor yang mempunyai koefisien temperatur positif yang sangat tinggi.

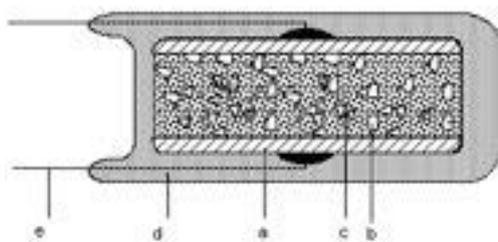
Dalam beberapa hal PTC ini berbeda dengan NTC seperti yang dituliskan berikut ini :

- Koefisien temperatur dari termistor PTC akan positif hanya antara daerah temperatur tertentu . Diluar daerah temperatur ini, koefisien temperaturnya bisa nol ataupun negatif .
- Harga koefisien temperatur mutlak dari termistor PTC , hampir dalam seluruh kejadian jauh lebih besar daripada yang dimiliki oleh termistor NTC .

Gambar 3.12. Bentuk fisik dan simbol PTC

Gambar 3.13. Grafik dari PTC

Perlu dicatat bahwa skala resistansi adalah dalam logaritmik dan resistansinya berubah mulai dari beberapa ratus ohm pada temperatur 75° C dan beberapa ratus kilo ohm pada temperatur 150°C.

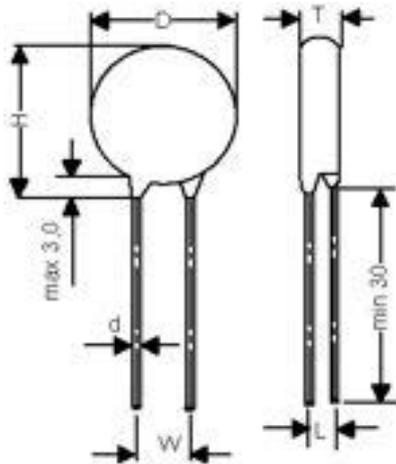
4.2.5.5 Hambatan Tergantung Tegangan (VDR)

VDR adalah " *Voltage Dependent Resistor* " semikonduktor yang secara prinsip sebagai penggabungan secara anti pararel dari hubungan seri PN Junction.

Ketika sebuah tegangan variabel DC disambungkan ke VDR tanpa memperhatikan polaritas, arus mengalir menyebabkan tegangan diseluruh PN *Junction* yang terhubung seri. Oleh karena itu, VDR mempunyai tegangan tinggi saat tegangan rendah dan bertahanan rendah saat tegangan tinggi.

Keterangan:

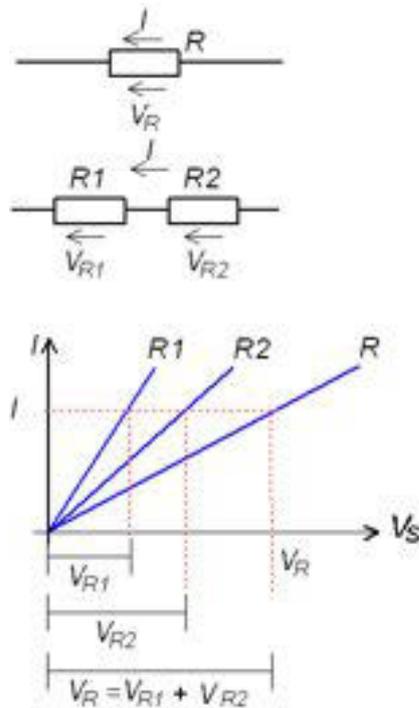
- a Pelat metal
- b *Zink oxid*
- c *Metal oxid*
- d Bahan PVC
- e Kaki VDR

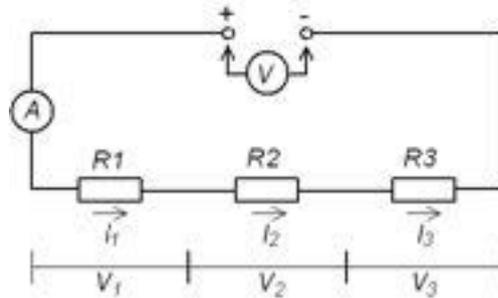
Gambar.3.14 Bagian-bagian VDR

Gambar 3.15. Ukuran fisik VDR

Keterangan :

D : Diameter
T : Tebal bodi VDR
H : Tinggi bodi VDR
W : Lebar jangkah kaki
L : Lebar simpangan kaki VDR
Satuan dalam mm.

Resistor Rangkaian Seri

Apabila dua buah tahanan kita hubungkan berturut-turut seperti didalam Gambar 1.32, maka rangkaian ini disebut rangkaian deret / seri.

Gambar 2.11. Rangkaian seri dengan 2 buah resistor

Dari grafik di atas terlihat bahwa besarnya V_R merupakan penjumlahan dari tegangan yang drop pada masing-masing resistor. Jika rangkaian seri dengan tiga buah resistor dihubungkan dengan tegangan baterai, maka akan arus mengalir dari baterai melalui tiga tahanan itu.

Gambar 2.12. Rangkaian seri dengan sumber tegangan

Kuat arus diseluruh bagian rangkaian deret itu sama besarnya, tidak hanya tiga tahanan saja yang dapat dihubungkan deret, tetapi rangkaian deret dapat terdiri dari dua, tiga, dan empat tahanan atau lebih.

Kalau kita ukur tegangan pada tahanan pertama ialah : V_1 ; tegangan kedua ialah : V_2 ; dan tegangan ketiga ialah : V_3, maka ternyata bahwa jumlah ketiga tegangan itu sama dengan tegangan baterai.

$V_s = V_1 + V_2 + V_3$

Karena $V_1 = I_1 \cdot R_1$;$V_2 = I_2 \cdot R_2$; $V_3 = I_3 \cdot R_3$ dan $V_s = I_S \cdot R_t$ maka :

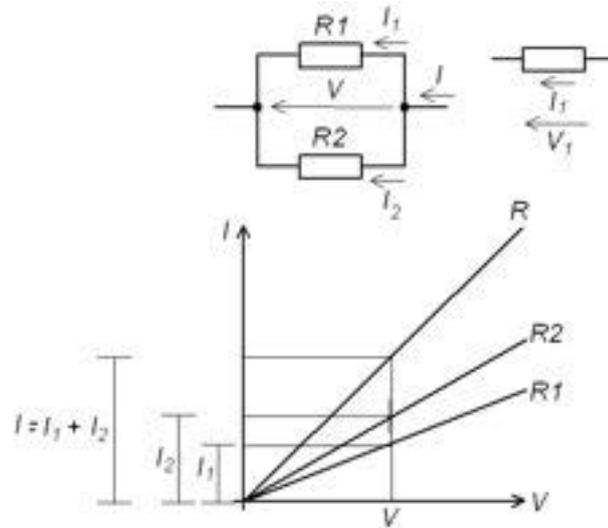
$I_S \cdot R_t = I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3$

Karena rangkaian seri ketiga tahanan dialiri arus yang sama maka :

$I_s = I_1 = I_2 = I_3$ sehingga

$R_t = R_1 + R_2 + R_3$

Resistor Rangkaian Paralel

Beberapa pemakai alat listrik bersama-sama dihubungkan pada satu tegangan. Hubungan semacam ini disebut : hubungan jajar / paralel. Semua alat listrik pada umumnya dihubungkan jajar pada tegangan yang tersedia.

Gambar 2.13. Rangkaian paralel dengan 2 buah resistor

Dari grafik di atas terlihat bahwa besarnya I_{Total} merupakan penjumlahan dari arus yang mengalir pada masing-masing resistor.

Untuk rangkaian seri 2 tahanan :

$$\frac{1}{Rt} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2}$$ maka :

$$Rt = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Rangkaian Seri Paralel (Campuran)

Rangkaian seri-paralel (campuran), tahanan-tahanan ada yang tersambung seri dan paralel dalam rangkaian tersebut.

Untuk menghitung besarnya tahanan pengganti,tahanan-tahanan dikelompokkan. Tahanan yang terhubung seri dihitung secara seri dan yang terhubung paralel dihitung secara paralel.

4.3 RANGKUMAN

- ✓ Resistor atau Tahanan dan nama lain juga perlawanan adalah bahan yang secara dan alamiah ada pada bahan baik konduktor terlebih lagi isolator

- ✓ Besarnya resistansi dari bahan sangat ditentukan oleh tahanan jenis dari bahan tersebut
- ✓ Semakin besar tahanan jenis ρ nya maka akan semakin besar nilai resistensinya, dan demikian juga sebaliknya
- ✓ Tahanan dari sebuah penghantar selain ditentukan oleh luas penampang juga panjang penghantar dan akan berbanding lurus
- ✓ Formulasi untuk menghitung tahanan (R) dari sebuah penghantar adalah $R = \frac{\rho . l}{A}$
- ✓ Tahanan jenis dari bahan penghantar ditentukan oleh rumus Satuan tahanan jenis $\rho = \frac{\Omega . mm^2}{m}$
- ✓ Daya hantar jenis adalah kemampuan sebuah penghantar dalam menyalurkan arus listrik, sehingga merupakan kebalikan dari tahanan, dan dinyatakan dlam $G = \frac{1}{R}$ atau $R = \frac{1}{G}$
- ✓ Suatu bahan penghantar dengan tahanan jenis kecil menghantarkan arus listrik dengan baik
- ✓ Dalam pemakaian tertentu, penghambat justru secara luas digunakan, yang dikenal dengan nama resistor.
- ✓ Resistor dikelompokkan menjadi 2 yaitu resitor tetap nilainya dan Resistor Variabel yang dapat diubah ubah atau berubah nilai resistornya
- ✓ Nilai resistor telah dibuat setandar mengikuti aturan ICE yaitu mulai dari peling rendah E6 hingga E96, namun yang terbanyak dipasaran adalah E12, dan E24
- ✓ Semakin tinggi standardnya akan semakin banyak varian yang dimilikinya dan semakin kecil juga toleransinya
- ✓ Resistor Carbon, Metal film pada daya kecil biasanya untuk mengetahui nilai resistansinya dapat dibaca dengan kode warna resistor
- ✓ Kode warna resistor dibedakan menjadi 4 gelang warna, 5 Gelang warna dan 6 Gelang warna
- ✓ Kode warna resistor dengan 4 gelang warna digunakan untuk mengetahui nilai resistor dari standar E12, dan toleransinya yang berkisar 5 dan 10%

- ✓ Kode warna dengan 5 gelang warna digunakan untuk mengetahu nilai resistor dari standard E24 keatas yang tidak dapat diwakili oleh 4 Gelang warna
- ✓ Kode warna dengan 6 gelang warna digunakan untuk mengetahu nilai resistor dari standard E24 keatas yang dilengkapi dengan kode warna temperatur koefisien
- ✓ Resistror Variable adalah resistor yang dapat berubah nilai resistansinya apakah karena sengaja dirubah atau pengaruh dari luar
- ✓ Potensiometer adalah salah satu variable resistor yang paling banyak di pergunakan untuk keperluan pengaturan, misal Volume, kecepatan, dll yang dapat di rubah pengaturannya setiap saat dan waktu
- ✓ Trimmer adalah salah satu varible resistor yang digunakan untuk mendapatkan pengaturan, namun sifatnya cukup sekali pengaturan saja, kecuali diperlukan
- ✓ NTC (*Negative Temperature Coefisien*) merupakan resistor dengan koefisien temperatur negatif yang sangat tinggi dan nilai resistansinya kebalikan terhadap temperatur
- ✓ PTC (*Positive Temperature Coefisien*) merupakan resistor dengan koefisien temperatur positif , nilai resistansinya berbanding lurus terhadap temperatur
- ✓ VDR adalah " *Voltage Dependent Resistor* " termasuk semikonduktor yang secara prinsip sebagai penggabungan secara anti pararel dari hubungan seri PN Junction
- ✓ Resistor dalam hubungan seri besarnya *tegangan sumber* merupakan penjumlahan dari tegangan yang drop pada masing-masing resistor US = UR1 + UR2 + UR3 ....+ URn
- ✓ Resistor dalam hubungan seri besarnya *Arus* pada masing masing R adalah sama, karena hanya ada satu Loop saja IS = IR1 = IR2 = IR3 = IRn
- ✓ Besarnya resistor pengganti dari resistor yang dihubungkan seri adalah Rn = R1 + R2 + R3 + Rn
- ✓ Resistor dalam hubungan Paralel besarnya *tegangan sumber* sama dengan tegangan yang drop pada masing-masing resistor US = UR1 = UR2 = UR3 .... = URn

- ✓ Resistor dalam hubungan Paralel besarnya *Arus* pada masing masing R adalah berbanding terbalik dengan nilai resistornya, karena terjadi Loop sebanyak jumlah resistronya, dan arus totalnya adalah penjumlahan dari masing2 resistor IRt = IR1 + IR2 + IR3 + IRn
- ✓ Besarnya resistor pengganti dari resistor yang dihubungkan Paralel adalah $\frac{1}{Rt} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{Rn} \rightarrow Rt = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$
- ✓ Tahanan penghantar (R) berbanding terbalik dengan konduktivitas (G).Konduktivitas (G) berbanding terbalik dengan tahanan konduktor(R).
- ✓ Hukum Ohm menyatakan bahwa tegangan (V) perkalian antara besarnya arus (I) dengan tahanan (R), secara matematis V = I.R.
- ✓ Tahanan kawat penghantar (R) berbanding lurus dengan tahanan jenis kawat (ȡ) dan panjang kawat (L), dan berbanding terbalik dengan penampang kawat (A), dituliskan R = ȡ. L/A (Ÿ).
- ✓ Tahanan kawat juga dipengaruhi oleh temperatur, ketika temperatur naik, ikatan atom meningkat, mengakibatkan aliran elektron terhambat, akibatnya tahanan kawat akan meningkat juga.
- ✓ Resistor banyak dipakai pada aplikasi teknik elektronika, ada dua jenis terbuat dari bahan arang dan terbuat dari belitan kawat.
- ✓ Besarnya resistansi ditentukan dengan kode warna yang diurutkan dari warna hitam (0), coklat (1), merah (2) orange (3), kuning (4), hijau (5), biru (6), ungu (7), abu-abu (8) dan putih (9).
- ✓ Hubungan seri Resistor, besarnya tahanan total (Rt) adalah penjumlahan dari masing-masing Resistor (R1…Rn). Secara matematis dituliskan Rt = R1 + R2+ R3….+ Rn.
- ✓ Hubungan paralel Resistor, besarnya tahanan pengganti (Rp) adalah penjumlahan dari perbandingan terbalikmasing-masingResistor (1/R1…1/Rn). Secara matematis 1/Rp = 1/R1 + 1/R2+ 1/R3….+ 1/Rn.

4.4 TUGAS

1. Buatlah urutan nilai standar resistor dari yang terkecil sampai yang terbesar menurut IEC dalam bentuk tabel mulai dari E6 sampai dengan standard E48
2. Kumpulkan Resistor dengan standard E12 mulai dari orde 100Ω sampai dengan 1000 dan tuliskan kode warnanya
3. Carilah informasi tentang 2 macam Potensiometer berdasarkan linieritasnya dan carilah tahu dimanakah yang membedakan 2 macam potensiometer tersebut?
4. Carilah informasi mengenai penggunaan daya resistor dibuat berbeda beda , carilah contohnya pada aplikasi rangkaian elektronika

4.5 Lembar Evaluasi / Tes Formatif

1. Rangkaian arus listrik terdiri atas komponen apa saja ?
2. Bagaimana arah arus secara teknik ditetapkan ?
3. Apa satuan dan simbol kuat arus listrik ?
4. Apa satuan muatan listrik ?
5. Mengapa penghantar dipaparkan dengan berdasar pada rapat arus ?
6. Apa perbedaan arus searah dan arus bolak-balik ?
7. Sebutkan reaksi arus listrik terpenting dan berikan contoh praktisnya !
8. Apa yang dimaksud dengan grafik garis ?
9. Berapakah besarnya 0,1 A; 0,006 A; 2,5 A bila ditransfer kedalam mA ?
10. Berapakah besarnya 0,0025 A; 5 mA; 0,025 A bila ditransfer kedalam μA ?
11. Sebuah akkumulator dapat memberikan muatan listrik sebesar 24 Ah. Berapa hari akkumulator tersebut dapat tetap terhubung pada instalasi alarm, jika dia harus terus-menerus memberikan arus sebesar 0,2 A ?
12. Dalam waktu 10 h suatu muatan sebanyak 250 Ah terdorong melalui suatu penghantar, Berapa besarnya kuat arus rata-rata mengalir didalam penghantar ?
13. Didalam kumparan kawat alumunium dengan luas penampang 0,5 mm2, rapat arus yang diijinkan adalah sebesar 2 A/mm2. Berapa besarnya arus operasional yang diperbolehkan ?

14. Bagaimana simbol formula dan satuan untuk tegangan listrik ?
15. Terangkan bagaimana proses pembangkitan tegangan?
16. Bagaimana membedakan tegangan sumber dan tegangan jatuh ?
17. Apa yang dimaksud dengan potensial listrik ?
18. Bagaimana menentukan besarnya tegangan antara dua buah titik dengan potensial tertentu ?
19. Bagaimana ketetapan arah tegangan positip dan bagaimana hal tersebut digambarkan ?
20. Berapa V besarnya 1500 mV; 550 mV; 2,5 kV ?
21. Berapa mV besarnya 0,2 V; 0,0035 V; 15 V ?
22. Apa yang dimaksud dengan tahanan listrik ?
23. Bagaimana simbol formula dan satuan untuk tahanan listrik ?
24. Kapan sebuah penghantar mempunyai tahanan 1 Ω
25. Bagaimana satuan tahanan jenis ?
26. Bagaimana perubahan tahanan suatu penghantar, jika a) luas penampang menjadi setengahnya, b) panjangnya tiga kali lipat, c) bahannya semula tembaga diganti dengan alumunium ?
27. Coba jabarkan asal mula satuan tahanan jenis !
28. Bagaimana hubungan antara daya hantar dan tahanan ?
29. Bagaimana simbol formula dan satuan untuk daya hantar listrik ?
30. Bagaimana hantar jenis dapat ditentukan dari tahanan jenis yang sudah diketahui ?
31. Berapa Ω besarnya 0,05 MΩ; 2,5 kΩ; 450 mΩ ?
32. Berapa besarnya tahanan suatu untaian tembaga panjang 5 m dengan luas penampang 0,8 mm2 ?
33. Berapa besarnya tahanan suatu baja elektroda pentanahan yang panjangnya 150 m, lebar 30 mm dan tebal 3 mm ?
34. Berapa meter panjang kawat nikelin (ρ = 0,4 Ω.mm2/m) dengan diameter 0,6 mm yang digunakan untuk membuat suatu tahanan sebesar 90 Ω ?
35. Berapa luas penampang harus dipilih untuk penghantar tembaga yang panjangnya 22,4 m (pergi dan pulang), jika tahanan maksimum yang diperbolehkan sebesar 0,0665 Ω ?
36. Berapa Ω besarnya 1 S; 25 S; 0,125 S; 5 mS ?

37. Lampu dengan filamen logam sebagian besar berpijar pada saat saklar ON, lampu dengan filamen arang berpijar setelah mulai bekerja/beroperasi. Dimana letak penyebab utamanya ?
38. Bagaimana karakteristik tahanan dingin dan tahanan panas pada pemanasan ?
39. Apa yang dimaksud dengan penghantar super (super conductor) ?
40. Berapa prosen rata-rata pertambahan tahanan logam murni pada kenaikan temperatur 1 K ?
41. Lilitan tembaga suatu ballast lampu TL pada temperatur 20 oC mempunyai tahanan 4 Ω; Setelah beberapa jam beroperasi tahanannya meningkat menjadi 4,8 Ω.
42. Berapa temperatur yang diterima oleh ballast ?
43. Kumparan suatu relay pada temperatur 20 oC mempunyai tahanan penghantar sebesar 100 Ω.
44. Berapa Ohm besarnya tahanan penghantar pada suatu temperatur kumparan (tembaga) 70 oC ?
45. Suatu kumparan generator terbuat dari tembaga selama beroperasi menerima panas sebesar 40 K.
46. Berapa prosen tahanan panas lebih besar dari pada tahanan dingin ?

4.6 Lembar Jawaban

1. Rangkaian arus listrik terdiri atar pembangkit tegangan, beban termasuk juga kabel penghubung
2. Arus listrik secara teknik mengalir dari kutub positip pembangkit tegangan melalui beban menuju kutub negatip
3. Satuan kuat arus listrik yaitu Ampere, simbol kuat arus listrik yaitu *I*
4. Satuan muatan listrik yaitu Coulomb
5. Pemaparan penghantar berdasar pada rapat arusnya terkait dengan pemanasan yang diijinkan pada penghantar tersebut
6. Arus searah adalah arus listrik yang mengalir dengan arah dan besar yang tetap/konstan.
7. Arus bolak-balik adalah arus yang secara periodik berubah-ubah baik arah maupun besarnya.

8.

Reaksi arus listrik	Contoh penggunaan
Reaksi panas	Open pemanas, solder, kompor, seterika, sekering lebur
Reaksi cahaya	Tabung cahaya, lampu mercuri, lampu neon, lampu indikator (negatip glow lamp)
Reaksi kemagnitan	Motor listrik, speaker, alat ukur, pengangkat/ kerekan magnit, bel, relay dan kontaktor
Reaksi kimia arus listrik	Elektrolisa, galvanisasi, pengisian akumulator
Reaksi pada makhluk hidup	Penyembuhan secara listrik, arus digunakan untuk memberi kejutan listrik (electro shock)

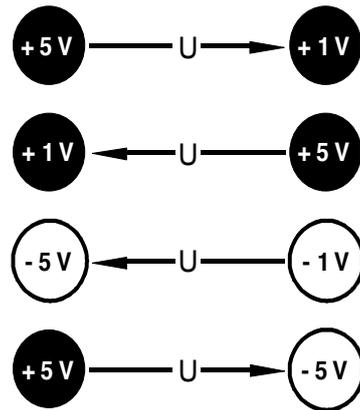
9. Grafik garis menggambarkan grafik arus fungsi waktu
10. 0,1 A = 100 mA; 0,006 A = 6 mA; 2,5 A = 2500 mA
11. 0,0025 A = 2500 μA; 5mA = 5000 μA; 0,025 A = 25000 μA
12. $\varphi = I \bullet t; \quad t = \frac{\varphi}{I} = \frac{24\,Ah}{0{,}2\,A} = 120\,h = 5\,hari$
13. $\varphi = I \bullet t; \quad I = \frac{\varphi}{t} = \frac{250\,Ah}{10\,h} = 25\,A$
14. $S = \frac{I}{A}; \quad I = S \bullet A = 2\frac{A}{mm^2} \bullet 0{,}5\,mm^2 = 1\ A$
15. Simbol formula untuk tegangan listrik yaitu U, satuan untuk tegangan listrik yaitu Volt.
16. Tegangan listrik U adalah merupakan perbedaan penempatan elektron-elektron antara dua buah titik.
17. Tegangan sumber Us adalah tegangan yang dibangkitkan didalam sumber tegangan.
18. Tegangan jatuh atau secara umum tegangan (simbol U) adalah tegangan yang digunakan pada beban.
19. Potensial listrik yaitu tegangan antara benda padat yang bermuatan dengan bumi atau titik apa saja yang direkomendasikan.

20. Tegangan antara dua buah titik dengan potensial tertentu dapat ditentukan dengan aturan dengan rumus $U = \varphi_1 - \varphi_2$
21. Bola bermuatan positip dibuat dengan tanda kutub plus dan bola bermuatan negatip dengan kutub minus.
22. Ketetapan arah tegangan positip ditunjukkan dari potensial tinggi (misalnya kutub plus) menuju ke potensial rendah (misalnya kutub minus).

+5 V —U→ +1 V

+1 V ←U— +5 V

-5 V ←U— -1 V

+5 V —U→ -5 V

Gambar anak panah tegangan pada potensial yang diberikan

23. 1500 mV = 1,5 V; 550 mV = 0,55 V; 2,5 kV = 2500 V
24. 0,2 V = 200 mV; 0,0035 V = 3,5 mV; 15 V = 15000 mV
25. Tahanan listrik yaitu suatu perlawanan penghantar terhadap pelepasan arus
26. Simbol formula untuk tahanan listrik adalah R, satuan untuk tahanan listrik adalah Ohm.
27. 1Ω didefinisikan dengan dengan aturan berikut: 1 Ohm adalah sama dengan tahanan yang dengan perantaraan tegangan 1 V mengalir kuat arus sebesar 1 A
28. Tahanan jenis suatu bahan penghantar menunjukkan bahwa angka yang tertera adalah sesuai dengan nilai tahanannya untuk panjang 1 m, luas penampang 1 mm^2 dan pada temperatur 20 ^{O}C
29. Satuan tahanan jenis adalah $\frac{\Omega . mm^2}{m}$
30. a) Perubahan tahanan suatu penghantar jika luas penampang menjadi setengahnya maka nilai tahanannya menjadi dua kali lebih besar

    b) Perubahan tahanan suatu penghantar jika panjangnya menjadi tiga kali lipat maka nilai tahanannya menjadi tiga kali lebih besar

c) Perubahan tahanan suatu penghantar jika bahannya semula tembaga diganti dengan alumunium maka nilai tahanannya menjadi hampir dua kali lebih besar

31. $\rho = \frac{R.A}{l}$; ρ dalam $\frac{\Omega.mm^2}{m}$

32. Daya hantar adalah kebalikan tahanan

33. Simbol formula untuk daya hantar listrik adalah G, satuan untuk daya hantar listrik yaitu Siemens

34. $\text{Hantar jenis} = \frac{1}{\text{Tahanan jenis}}$

35. 0,05 MΩ = 50.000 Ω; 2,5 kΩ = 2500 Ω; 450 mΩ = 0,45 Ω

36. $R = \frac{\rho \bullet l}{A}$

$$R = \frac{0{,}0178\frac{\Omega \bullet mm^2}{m} \bullet 5\,m}{0{,}8\,mm^2} = \frac{0{,}0178 \bullet 5}{0{,}8}\,\Omega = 0{,}111\Omega = 111 m\Omega$$

37. $R = \frac{\rho \bullet l}{A}$

$$R = \frac{0{,}13\frac{\Omega \bullet mm^2}{m} \bullet 150\,m}{30\,mm \bullet 3\,mm} = \frac{0{,}13 \bullet 150}{30 \bullet 3}\,\Omega = 0{,}216\,\Omega = 216\,m\Omega$$

38. $R = \frac{\rho \bullet l}{A}$

$$l = \frac{R \bullet A}{\rho} = \frac{90\,\Omega \bullet 0{,}28\,mm^2}{0{,}4\,\frac{\Omega \bullet mm^2}{m}} = \frac{90 \bullet 0{,}28}{0{,}4}\,m = 63\,m$$

$$A = \frac{d^2}{4} \bullet \pi = \frac{0{,}6^2\,mm^2}{4} \bullet 3{,}14 = 0{,}28\,mm^2$$

39. $R = \frac{\rho \bullet l}{A}$

$$A = \frac{\rho \bullet l}{R} = \frac{0{,}0178\frac{\Omega \bullet mm^2}{m} \bullet 2 \bullet 22{,}4\,m}{0{,}0665\,\Omega} = \frac{0{,}0178 \bullet 2 \bullet 22{,}4}{0{,}0665}\,mm^2 = 12\,mm^2$$

40. $R = \frac{1}{G}$

$R = \frac{1}{1\,S} = 1\Omega$ $\qquad R = \frac{1}{0{,}125\,S} = 8\,\Omega$

$R = \frac{1}{25\,S} = 0{,}04\,\Omega$ $\qquad R = \frac{1}{0{,}005\,S} = 200\,\Omega$

41. Lampu dengan filamen logam termasuk dalam kelompok penghantar dingin yaitu penghantar yang dalam kondisi dingin menghantarkan arus dengan lebih baik daripada dalam kondisi panas. Sedangkan lampu dengan filamen arang termasuk dalam kelompok penghantar panas yaitu penghantar yang dalam kondisi panas menghantarkan arus dengan lebih baik daripada dalam kondisi dingin.
42. Karakteristik penghantar dingin dapat diterangkan, bahwa pada asutan panas yang lebih kuat dari atom-atom didalam kisi-kisi kristal lebih besar pula tumbukan elektron-elektron yang bergerak dengan atom-atom (ion-ion atom) dan dengan demikian maka memberikan tahanan yang lebih besar.
    Karakteristik penghantar panas yaitu pada pemanasan elektron-elektron ekstra (tambahan) menjadi bebas dan tergabung pada gerakan yang terarah. Hal ini berarti pengurangan nilai tahanan.
43. Penghantar super (super conductor) yaitu penghantar logam yang pada pendinginan mendekati titik nol absolut (-273,2 ^{O}C) tahanannya menghilang dengan sangat tiba-tiba yaitu praktis pada nilai nol, sehingga bahan seperti ini menghantarkan arus dengan sangat baik
44. Untuk logam murni pada kenaikan temperatur 1 K nilai tahanannya bertambah rata-rata sebesar 0,4 %
45. $\Delta R = \alpha \bullet \Delta\vartheta \bullet R_d$

$$\Delta\vartheta = \frac{\Delta R}{\alpha \bullet R_d} = \frac{4{,}8\,\Omega - 4{,}0\,\Omega}{0{,}0039\frac{1}{K} \bullet 4{,}0\,\Omega} = \frac{0{,}8\,\Omega}{0{,}0039 \bullet 4{,}0}K = 51{,}28\,K$$

$$\vartheta_2 = \vartheta_1 + \Delta\vartheta = 20\,°C + 51{,}28\,K = 71{,}28\,°C$$

46. $R_p = R_k + \alpha \bullet \Delta\vartheta \bullet R_d = 100\,\Omega + 0{,}0039\frac{1}{K} \bullet 50\,K \bullet 100\,\Omega$

$$= 100\,\Omega + 19{,}5\,\Omega = 119{,}5\,\Omega$$

47. $\text{Prosentase } \Delta R = \frac{\Delta R}{R_d} \bullet 100 = \frac{15{,}6\,\Omega}{100\,\Omega} \bullet 100 = 15{,}6\,\%$

$\Delta R = \alpha \bullet \Delta\vartheta \bullet R_d = 0{,}0039 \frac{1}{K} \bullet 40\,K \bullet 100\,\Omega = 15{,}6\,\Omega$

Dianggap $R_d = 100\,\Omega$

4.7 LEMBAR KERJA SISWA

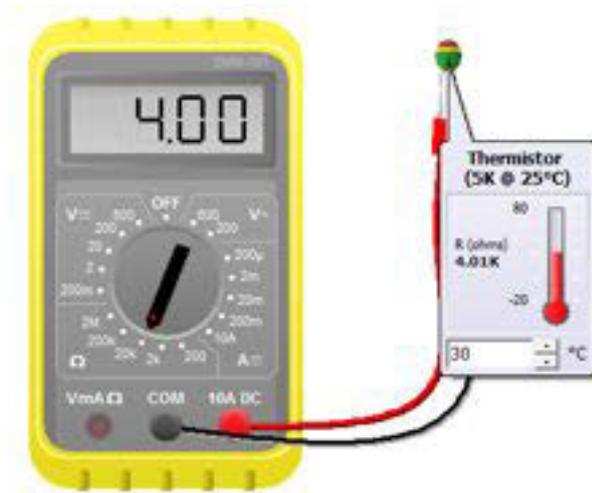
Alat dan Bahan:

1) Resistor KSN.. 1 buah
2) LDR... 1 buah
3) VDR .... 1 buah
4) Multimeter .... 1 buah
5) Solder listrik .... 1 buah
6) Thermometer .... 1 buah

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1) Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar!
2) Dalam menggunakan meter kumparan putar (volt meter, amper meter dan ohm meter), mulailah dari batas ukur yang besar!
3) Hati-hati dalam menggunakan soldir listrik, jangan mengenai badan dan benda di sekitarnya!

Langkah Kerja 1 Tahanan NTC

1) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan!
2) Ukurlah hambatan NTC keadaan suhu normal terendah pada 30^{o}C dengan multimeter sebagai fungsi Ohmmeter!
3) Panaskan soldir listrik dan dekatkan dengan resistor NTC
4) Ukurlah nilai hambatannya dengan multimeter dan catatlah hasilnya pada Tabel 1 sesuai dengan pengaturan temperatur sesuai tabel 1
5) Buatlah grafik Temperatur fungsi tahanan atau Grafik R_{NTC}=f (t) pada gambar yang telah disediakan.
6) Buatlah kesimpulan dari hasil percobaan dengan mengacu pada grafik yang telah dibuat.

Gambar kerja 1 pengukuran Resistansi NTC terhadap Panas

Tabel 1. Data Pengamatan Resistor NTC

No	Suhu (^oC)	Hambatan (Ohm)
1	30	
2	35	
3	40	
4	45	
5	50	
6	55	
7	60	
8	65	
9	70	
10	75	

Gambar grafik hubungan antara temperatur dan tahanan

Kesimpulan :

Langkah Kerja 2 Tahanan PTC

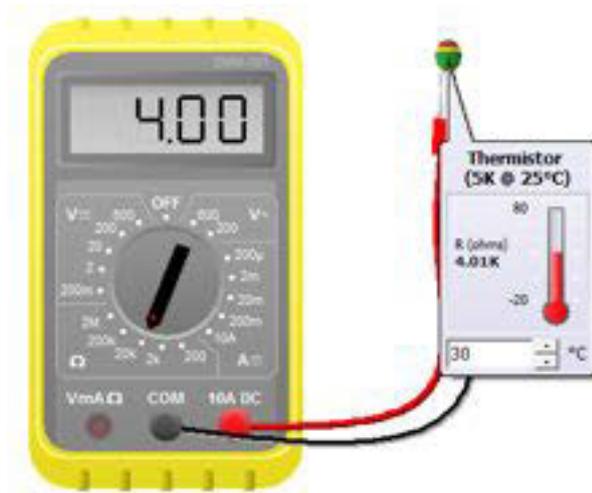
7) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan!

8) Ukurlah hambatan PTC keadaan suhu normal terendah pada 30^{o}C dengan multimeter sebagai fungsi Ohmmeter!

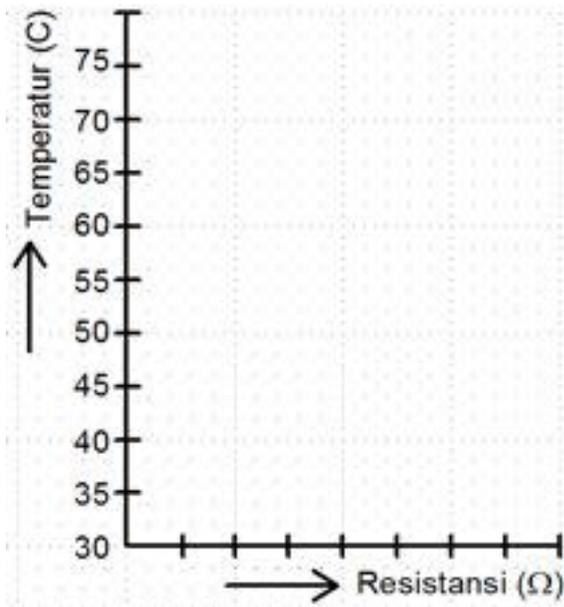
9) Panaskan soldir listrik dan dekatkan dengan resistor PTC

10) Ukurlah nilai hambatannya dengan multimeter dan catatlah hasilnya pada Tabel 1 sesuai dengan pengaturan temperatur sesuai tabel 1

11) Buatlah grafik Temperatur fungsi tahanan atau Grafik R_{NTC}=f (t) pada gambar yang telah disediakan.

12) Buatlah kesimpulan dari hasil percobaan dengan mengacu pada grafik yang telah dibuat.

Gambar kerja 1 pengukuran Resistansi PTC terhadap Panas

Tabel 1. Data Pengamatan Resistor PTC

No	Suhu (°C)	Hambatan (Ohm)
1	30	
2	35	
3	40	
4	45	
5	50	
6	55	
7	60	
8	65	
9	70	
10	75	

Gambar grafik hubungan antara temperatur dan tahanan

Kesimpulan :

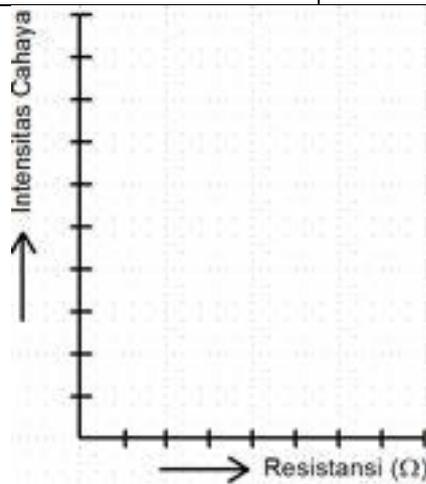
Langkah Kerja 3 LDR

13) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan!
14) Ukurlah hambatan resistor LDR keadaan gelap, semua permukaan ditutup dengan ibu jari, dan ukurlah tahanannya dan masukkan pada tabel nomor 2
15) Ukurlah hambatan resistor LDR dalam keadaan permukaan LDR ditutup dengan ibu jari ,hanya ¼ bagian saja yang terbuka dan ukurlah tahanannya dan masukkan pada tabel nomor 2
16) Ukurlah hambatan resistor LDR dalam keadaan permukaan LDR ditutup dengan ibu jari ,hanya ½ bagian saja yang terbuka dan ukurlah tahanannya dan masukkan pada tabel nomor 2
17) Ukurlah hambatan resistor LDR dalam keadaan permukaan LDR ditutup dengan ibu jari ,hanya ¾ bagian saja yang terbuka dan ukurlah tahanannya dan masukkan pada tabel nomor 2
18) Ukurlah hambatan resistor LDR keadaan terang, semua permukaan terbuka dan ukurlah tahanannya dan masukkan pada tabel nomor 2
19) Buatlah grafik hubungan antara kondisi terang dari ke 4 variabel fungsi tahanannya

20) Buatlah kesimpulan dari hasil percobaan dengan mengacu pada grafik yang telah dibuat.

Gambar kerja 2 pengukuran Resistansi LDR terhadap Intensitas cahaya

Tabel 2. Data Pengamatan Resistor LDR

No	Kondisi LDR	Hambatan (Ohm)
1	Permukaan LDR tertutup Rapat	
2	Permukaan LDR dibuka ¼ nya	
3	Permukaan LDR dibuka ½ nya	
4	Permukaan LDR dibuka ¾ nya	
5	Permukaan LDR terbuka	

Gambar Grafik hubungan antara Intensitas cahaya dan Resistansi

Kesimpulan :

Langkah Kerja 4 VDR

21) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan!

22) Buatlah rangkaian seperti gambar dibawah ini, perhatikan Power Supply jangan dihidupkan dahulu, pastikan Meter pada Posisi mA, dan Range pada 200mA atau lebih.

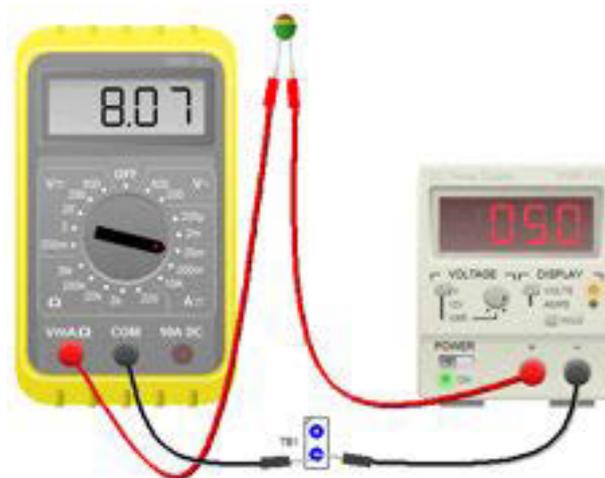
23) Laporkan kepada guru / instruktor jika rangkaian sudah siap, untuk diperiksa kebenarannya

24) Mulailah pengukuran dengan memberikan tegangan pertama sebesar 5V, dan Catatlah hasil pengukuran arus yang mengalir pada VDR pada tabel 3.

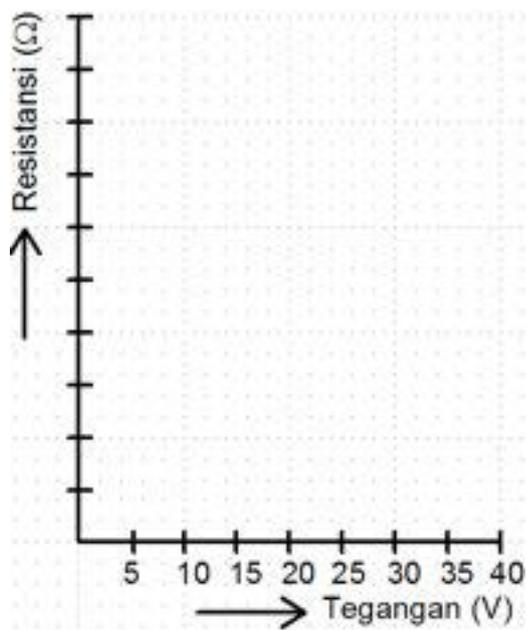
25) Ukurlah arus pada VDR dengan mengikuti langkah sebelumnya untuk melengkapi tabel 3 dibawah ini.

26) Selesaikan dengan menghitung untuk mencari besarnya VDR dengan rumus $R = \frac{V}{I}$ dimana R= tahanan VDR, I = arus yang mengalir pada VDR dan V = Tegangan yang diberikan ke VDR

27) Buatlah grafik hubungan antara tegangan VDR fungsi tahanannya

28) Buatlah kesimpulan dari hasil percobaan dengan mengacu pada grafik yang telah dibuat.

Gambar kerja 3 pengukuran arus VDR terhadap Tegangan untuk mencari Tahanan VDR

Tabel 3. Data Pengamatan Resistor VDR

No	Tegangan (Volt)	Arus VDR (mA)	Hambatan (Ohm)
1	5		
2	10		
3	15		
4	20		
5	25		
6	30		
7	35		
8	40		

Gambar Grafik hubungan antara Resistansi dan Tegangan VDR

Kesimpulan :

5. Kegiatan Belajar 4

RANGKAIAN LISTRIK DASAR

5.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini siswa dapat:

- Peserta diklat mampu menganalisis rangkaian listrik arus sederhana dengan menggunakan hukum Kirchoff.
- Peserta diklat mampu menganalisis rangkaian menggunakan teori superposisii, teori Thevenin dan teori Norton.
- Peserta diklat mampu menuliskan persamaan tegangan dalam loop tertutup.
- Peserta diklat mampu menghitung arus loop, arus dari setiap cabang rangkaian.
- Peserta diklat mampu menghitung arus dan daya dengan analisis loop.
- Peserta diklat mampu menuliskan persamaan arus dalam suatu titik cabang.
- Peserta diklat mampu menghitung tegangan titik simpul, arus yang mengalir pada setiap cabang, dan daya yang diserap tiap tahanan.
- Peserta diklat mampu menghitung konstanta waktu rangkaian RC tegangan pengisian kapasitor, arus pengisian kapasitor, tegangan pengosongan kapasitor, serta arus pengosongan kapasitor.

5.2 Uraian Materi

5.2.1 Arus Listrik

Arus listrik merupakan gerakan elektron-elektron yang mengalir ke suatu arah gerakan elektron tersebut. Arus listrik ini diberi notasi I dalam satuan ampere (A), diambil dai nama Andre Marie Ampere (1775 – 1836) menyarakan bahwa : "Satuan ampere adalah jumlah muatan listrik dari 6,24 x 10^{18} elektron yang mengalir melalui suatu titik tertentu selama satu detik". Sedangkan 6,24 x 10^{18} elektron adalah sama dengan 1 coulomb. Sehingga dapat dirumuskan :

$$I = \frac{Q}{t}$$

dimana I adalah arus listrik (A), Q adalah muatan listrik (C), dan t adalah lamanya waktu (detik).

5.2.2 Muatan Listrik

Muatan listrik dengan notasi Q dalam satuan Coulomb, yang diambil dari nama Charless Aaugusti de Coulomb (1736 – 1806) menyatakan bahwa : "Satu Coulomb adalah jumlah muatan listrik yang melalui suatu titik sebesar satu ampere selama satu detik", dirumuskan : Q = I.t

5.2.3 Tegangan Listrik

Tegangan listrik diberi notasi V atau E yang diambil dari nama Alexandre Volta (1748 – 1827) merupakan perbedaan potensial antara dua titik yang mempunyai perbedaan jumlah muatan listrik, menyatakan bahwa : "Satu volt adalah perubahan energi sebesar satu joule yang dialami muatan listrik sebesar satu coulomb" , yang dirumuskan :

$$V = \frac{W}{Q}$$

dimana V adalah tegangan listrik dalam satuan volt, W adalah energi listrik dalam satuan joule dan Q adalah muatan listrik dalam satuan Coulomb.

5.2.4 Macam Arus Listrik

Ada 2 macam arus listrik, yaitu arus searah (dc: direct current) dan arus bolak-balik (ac : alternating current). Dikatakan arus searah apabila elektron berpindah dalam arah yang tetap (positip saja atau negatip saja) tidak berubah-ubah dan diberi tanda = , sedangkan apabila pada saat elektron berpindah terjadi perubahan yang bolak-balik saat tertentu keatas/kekiri, kemudian kebawah/kekanan kembali keatas/kekiri lagi dan seterusnya dinamakan arus bolak-balik, dan diberi simbol ~

5.2.5 Rapat Arus

Rapat arus adalah besarnya arus yang mengalir pada setiap mm^2 luas penampang penghantar listrik yang diukur dengan satuan ampere per mm^2 (A/mm^2), yang dapat dirumuskan :

$$S = \frac{I}{q}$$

dimana S : rapat arus (A/mm^2), I : kuat arus (A) dan q : luas penampang penghantar (mm^2).

Contoh 2.1

Kawat dengan penampang sebesar 2 mm^2 dilalui arus listrik sebesar 1 ampere, akan mempunyai rapat arus yang sama dengan rapat arus dari sebuah kawat yang berpenampang 6 mm^2 dengan kuat arus sebesar 3 ampere.

Perhatikan perhitungan dari jawaban diatas :

a) $S = \frac{I}{q1} \rightarrow S = \frac{1}{2} = 0{,}5 A/mm^2$

b) $S = \frac{I}{q2} \rightarrow S = \frac{3}{6} = 0{,}5 A/mm^2$

5.2.6 Komponen dan Rangkaian Listrik

Dalam rangkaian listrik dikenal ada 2 macam komponen, yaitu :

- Pertama yaitu komponen sumber energi atau daya listrik yang sering disebut juga dengan istilah komponen aktif dari rangkaian listrik. Contohnya : Baterai, aki (accumulator), generator, dan lain-lain . Sumber energi listrik ini biasanya dalam bentuk sumber tegangan dan sumber arus.
- Kedua yaitu komponen pemakai energi atau daya listrik yang sering disebut dengan istilah komponen pasif dari rangkaian listrik. Contoh dari komponen pasif ini seperti : tahanan (resistansi), induktor (induktansi), dan kapasitor atau kondensator (kapasitansi).

5.2.7 GGL dan Tegangan Listrik

Tegangan listrik dapat dimisalkan dengan tekanan air di dalam menara air. Di atas menara itu air disimpan dalam bak air dan dihubungkan dengan pipa me lalui suatu keran pembuka dan penutup. Apabila makin tinggi penempatan bak air makin besar tekanannya, begitu pula bila makin rendah posisi bak air makin rendah pula tekanan air tersebut.

Menurut teori elektron, jika sebuah benda bermuatan positif kalau benda tersebut kehilangan elektron dan jika bermuatan negatif kalau benda tersebut kelebihan elektron. Dalam keadaan perbedaan muatan inilah timbul tenaga/energi potensial yang berada di antara benda-benda tersebut. Tenaga potensial tersebut dapat menunjukkan kemampuan untuk melaksanakan kerja, sehingga bila sepotong kawat penghantar dihubungkan di antara kedua benda

yang berbeda muatan tersebut akan menyebabkan terjadinya perpindahan energi di antara benda-benda itu. Peralihan energi ini akan berlangsung terus menerus selama ada perbedaan tegangan. Terjadinya beda tegangan disebabkan karena setiap muatan mempunyai tenaga potensial untuk menggerakan suatu muatan lain dengan cara menarik (untuk muatan yang tidak sama atau tidak sejenis) atau menolak (untuk muatan yang sama atau sejenis).

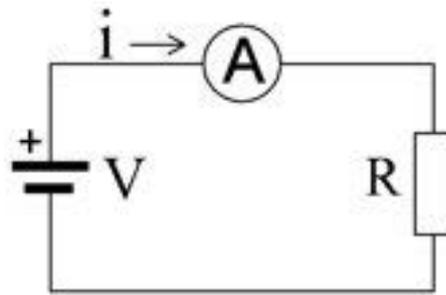
Beda tegangan dapat juga dihasilkan dengan memberikan tekanan listrik dari suatu pembangkit listrik kepada salah satu penghantar. Baterai atau generator dapat bertindak sebagai pompa listrik untuk menghasilkan tegangan di antra dua titik. Satuan untuk mengukur tegangan ini adalah volt (ditulis dengan notasi huruf V), yang diambil dari nama seorang sarjana Italia Alessandro Volta (1775 – 1827).

Beda tegangan di antara dua terminal dapat berubah-ubah, mulai dari seperjuta volt sampai beberapa juta volt. Beda tegangan di antara terminal-terminal pada PLN ada yang 110 volt, 220 volt, 380 volt, 20 kVolt, 150 kvolt, 500 kvolt, dan lain-lain. Beda tegangan diantara terminal-terminal aki adalah 6 volt, 12 volt, 24 volt, dan lain-lain, sedangkan beda tegangan pada terminal baterai umumnya 1,5 volt.

5.2.8 Hukum Ohm

Hubungan antara arus listrik, tegangan listrik dan hambatan listrik dalam suatu rangkaian listrik dinyatakan dalam hukum Ohm (seperti dijelaskan pada gambar 3.1). Nama Ohm ini diambil dari seorang ahli fisika dan matematika Jermal bernama George Simon Ohm (1787 – 1854) yang membuat teori ini. Ketika Ohm membuat percobaan tentang listrik, ia menemukan antara lain :

a) Bila hambatan tetap, maka arus pada setiap rangkaian adalah berbanding langsung dengan tegangannya. Bila tegangan bertambah, maka aruspun bertambah begitu pula bila arus berkurang, maka aruspun semakin kecil

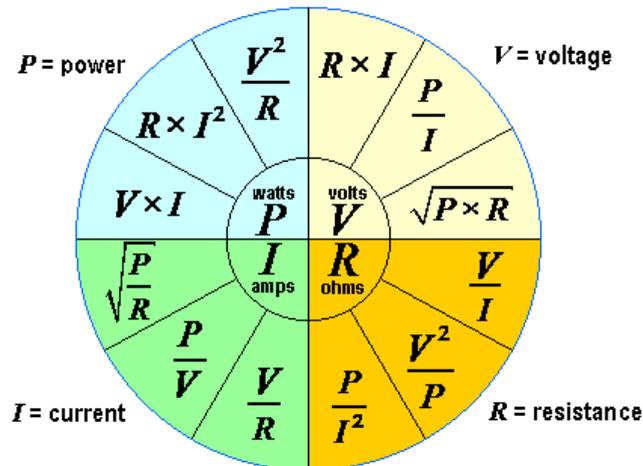
b) Bila tegangan tetap, arus dalam rangkaian menjadi berbanding terbalik terhadap rangkaian itu, sehingga bila hambatan bertambah maka arus akan berkurang dan sebaliknya bila hambatan berkurang maka arus akan semakin besar.

Gambar 4.1 Hubungan arus, tegangan dan hambatan

Satuan dari hambatan listrik adalah Ohm (simbol Ω : dibaca omega). Hukum Ohm ini dapat dinyataka n dalam bentuk persamaan dengan rumus sebagai berikut :

$R = \frac{V}{I}$ → atau V=R x I atau $I = \frac{V}{R}$

R : besarnya hambatan (ohm),

I : besarnya aliran arus listrik (ampere), dan

V : besar tegangan listrik yang bekerja pada rangkaian tertutup (volt).

Gambar 4.2 Lingkaran rumus untuk mencari, Daya, arus, tegangan dan hambatan

5.2.9 Daya dan Energi Arus Searah

Daya listrik adalah kemampuan atau kapasitas untuk melakukan suatu usaha atau energi. Kalau di rumah terpasang daya sebesar 900 watt, artinya besarnya kemampuan yang dapat digunakan untuk melakukan usaha atau energi listrik adalah sebesar 900 watt. Kelebihan dari kapasitas itu, maka akan terjadi pemadaman atau pemutusan oleh alat pembatas daya yang dipasang oleh petugas PLN.

Pada lampu pijar, tenaga listrik diubah menjadi bentuk tenaga cahaya dan panas. Seandainya sebuah lampu menyala dalam waktu satu jam, maka selama itu lampu menggunakan sejumlah tenaga tertentu. Bila lampu itu menyala selama dua jam, sudah tentu lampu itu menggunakan tenaga listrik sebanyak dua kali lipat dari yang satu jam. Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa : “Jumlah tenaga yang digunakan, berbanding lurus dengan waktu menyala lampu”.

Bila meninjau jumlah tenaga yang digunakan dalam satu detik (satuan waktu), maka akan didapat daya atau penggunaan daya listrik. Besaran daya ditulis dengan notasi hutuf P dengan satuan watt (W). Nama Watt diambil dari seorang ahli fisika dan mesin bangsa Inggris bernama James Watt (1736 – 1810). Dalam rangkaian listrik, daya berbanding lurus dengan tegangan dan arus. Pernyataan ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

P = I x V

P : daya listrik dalam satuan watt (W),

I : arus listrik dalam satuan ampere (A), dan

V : adalah tegangan alistrik dalam satuan volt (V).

Berdasarkan rumus : P = I x V ; karena $I = \frac{V}{R}$, maka $P = \left(\frac{V}{R}\right)V = \frac{E^2}{R}$

atau karena V = I x R, maka P = I x (IxR) = I^2x R

Jadi secara umum rumus daya adalah : P = I x V atau $P = \frac{V^2}{R}$ atau P = I^2x R

Pada sebuah bola lampu akan dijumpai petunjuk tegangan dan pemakaian daya. Tegangan yang tercantum adalah tegangan yang diperkenankan dalam jumlah maksimum pada bola lampu tersebut. Pemakaian daya (watt) yang tertera adalah pemakaian daya dari bola lampu tersebut bila dihubungkan pada tegangan maksimum yang diizinkan. Sebagai contoh : sebuah lampu tegangan maksimumnya 110 volt dengan daya 60 watt (110 V/60 W) atau tegangan maksimum 220 volt dengan daya 40 watt (220 V/40 W), atau sekarang banyak yang bertuliskan tegangan antara 220 V sampai dengan 240 Volt dengan daya 75 watt (220V-240V/75 W), dan lain-lain.

Sejumlah daya listrik dapat berupa tenaga atau energi. Dengan tenaga listrik bisa mendapatkan panas, cahaya, gerakan, suara, dan lain-lain. Terjadinya tenaga listrik bila ada elektron-elektron bebas yang didorong pada

suatu penghantar. Akibat adanya tekanan listrik maka terbentuklah potensial listrik.

Satuan jumlah daya listrik dinamai watt yang dapat menimbulkan tenaga atau energi listrik dalam waktu tertentu dalam satuan watt detik atau joule atau kWh. Hubungan antara daya listrik (P) dalam satuan watt (W), tenaga atau energi listrik (W) dalam satuan joule (J), dan lamanya waktu pemakaian (t) dalam satuan detik atau jam, dapat dituliskan dengan persamaan :

W = P x t

Karena : P = V.I , maka W = (V.I) x t = V x I x t

$P = \frac{V^2}{R}$, maka $W = \frac{V^2 t}{R}$

P = I^2.R, maka W = (I^2.R) x t = I^2 x R x t

Jadi rumus-rumus tenaga atau energi listrik yang banyak digunakan adalah :

W = V.i . t atau $W = \frac{V^2 t}{R}$ atau W = I^2 x R x t

Catatan : 1 kWh = 1.000 Wh = 1.000 x 3.600 W det = 3,6 x 10^6 Joule

Contoh 3.1

Berapakah tenaga listrik yang dikeluarkan setiap bulan (30 hari) bila mempergunakan setrika listrik 400 watt dengan pemakaian rata-rata 3 jam setiap malam.

Jawab :

Diketahui : P = 400 W, t = 3 jam x 30 hari = 90 jam

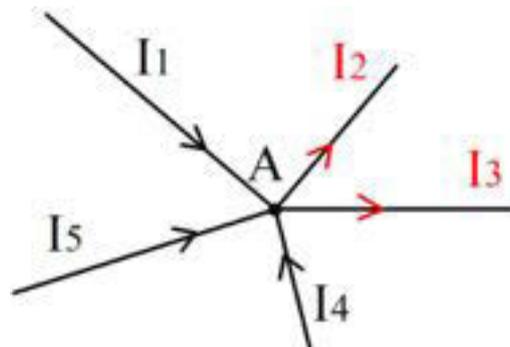
W = P x t = 400 x 90 = 36.000 Wh = 36 kWh.

atau karena : 1 kWh = 3,6 x 106 joule, sehingga W = 36 x 3,6 x 106 =1,296 x 10^8 Joule

5.2.10 Hukum Kirchoff

Untuk menyelesaikan perhitungan rangkaian listrik atau jala-jala, seorang ahli ilmu alam dari Jerman bernama Gustav Kirchoff telah menemukan dua cara yang kemudian cara ini menjadi hukum yang dikenal dengan “Hukum Kirchoff”.

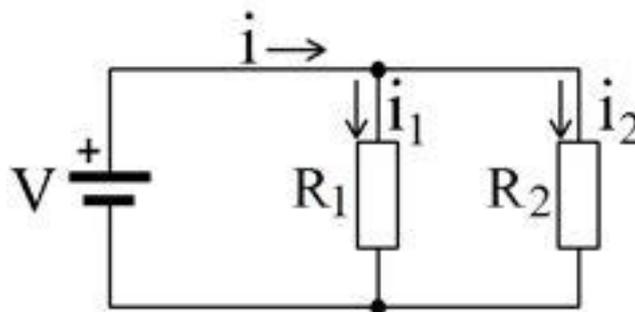
Hukum Kirchoff I tentang Arus

Hukum Kirchoff I untuk rangkaian atau jala-jala listrik berbunyi : “Jumlah aljabar dari arus listrik pada suatu titik percabangan selalu sama dengan nol” Dalam gambar 4.1 menerangkan hukum Kirchoff I sebagai berikut :

Gambar 4.3 Titik percabangan arus

Dari gambar di atas arah arus I2 dan I3 berlawanan dengan arah arus I1, I4, dan I5. Jadi pada titik percabangan A berlaku :

I1 + I4 + I5 – I2 – I3 = 0 atau I1 + I4 + I5 = I2 + I3

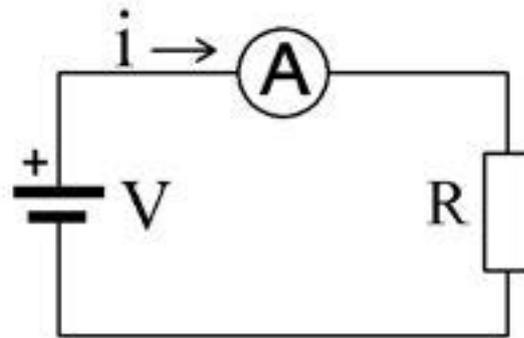
Sehingga persamaan untuk Hukum Kirchoff dapat ditulis dengan bentuk umum $\Sigma I = 0$

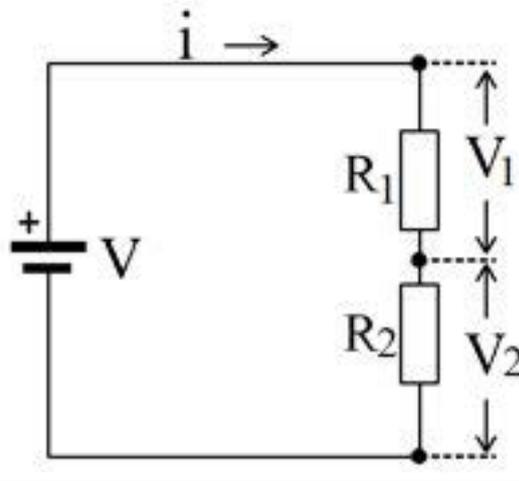
Contoh penerapan Hukum Kirchoff 1 adalah seperti rangkaian dibawah ini yang merupakan aplikasi sebagai pembagi arus.

Gambar 4.4. Gambar Rangkaian Pembagi Arus

Persamaan-persamaan yang didapatkan dari rangkaian di atas adalah sebagai berikut :

Arus → i = i1 + i2 dan Tegangan → V = i1 . R1 = i2 . R2

Hukum Kirchoff II tentang tegangan

Hukum Kirchoff II ini berhubungan dengan rangkaian listrik tertutup yang menyatakan : "Di dalam rangkaian tertutup, jumlah aljabar antara tegangan (V) dengan kerugian-kerugian tegangan selalu sama dengan nol" Hukum ini secara umum dapat ditulis dengan rumus : ΣV =Σ R x I Dalam gambar 4.5 dengan tidak memperhatikan kerugian tegangan di dalam baterai (tahanan dalam baterai dianggap kecil) maka : V – (I.R) = 0 atau E = I. R Ini sesuai dengan Hukum Ohm.

Gambar 4.5 Rangkaian listrik tertutup

Dalam rangkain listrik arus searah untuk meperoleh suatu tegangan tertentu dapat menggunakan suatu kombinasi tahanan tertentu , rangkaian seperti ini disebut rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi Tegangan yang sederhana dapat ditunjukkan oleh gambar 4.6 dibawah ini

Gambar 4.6. Rangkaian Pembagi Tegangan

Besarnya arus yang mengalir dalam rangkaian adalah

$$i = \frac{V}{R1 + R2}$$

Tegangan pada R1 adalah

$$V1 = i.R1$$

$$V1 = \frac{V}{R1 + R2}$$

$$V1 = \frac{R1}{R1 + R2}.V$$

Tegangan pada R2 adalah

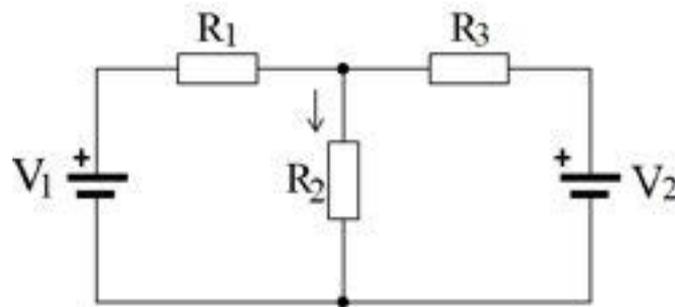
$$V2 = i.R2$$

$$V2 = \frac{V}{R1 + R2}$$

$$V2 = \frac{R2}{R1 + R2}.V$$

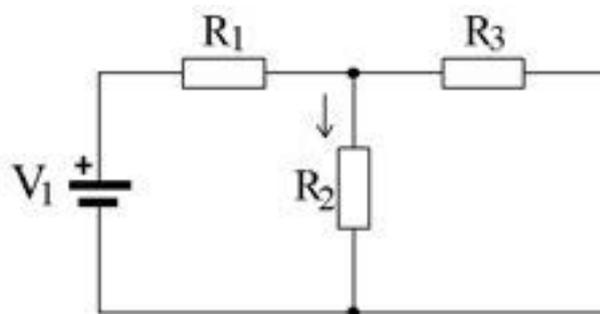
5.2.11 Teori Super Posisi

Teori superposisi digunakan untuk menganalisa rangkaian yang terdiri dari beberapa sumber tegangan dan tahanan. Sumber tegangan dapat berupa tegangan itu sendiri atau sumber arus.

Teori superposisi memudahkan menentukan arus pada suatu cabang dengan menganggap sumber bekerja satu per satu. Arus total pada cabang tersebut merupakan jumlah aljabar dari arus tiap-tiap sumber dengan memperhatikan arah arus. Apabila mengerjakan satu sumber, maka sumber yang lain dihubung singkat (untuk sumber tegangan) dan dihubung terbuka untuk sumber arus. Untuk lebih jelasnya perhatikan rangkaian pada gambar 4.7 dibawah ini

Gambar 4.7 rangkaian resistor dengan 2 sumber tegangan

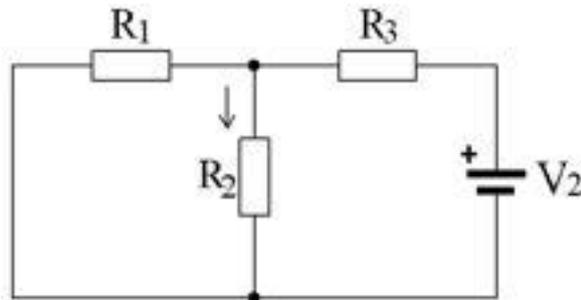
Untuk menghitung arus pada R2 dapat dilakukan dengan menghitung arus yang disebabkan V1 dan V2 secara bergantian kemudian dan hasilnya dijumlahkan .

Langkah – langkah menghitung arus pada R2 adalah sebagai berikut :

1) Menghitung Arus oleh sumber tegangan V1 adalah I1, rangkaian ekivalen seperti Gambar 4.8.

Gambar 4.8 rangkaian ekivalen, saat V2 dihubung singkat

Dari gambar diatas diperoleh persamaan arusnya :

$$I1 = \frac{V1}{R1 + (R2 // R3)} \cdot \frac{R3}{R2 + R3}$$

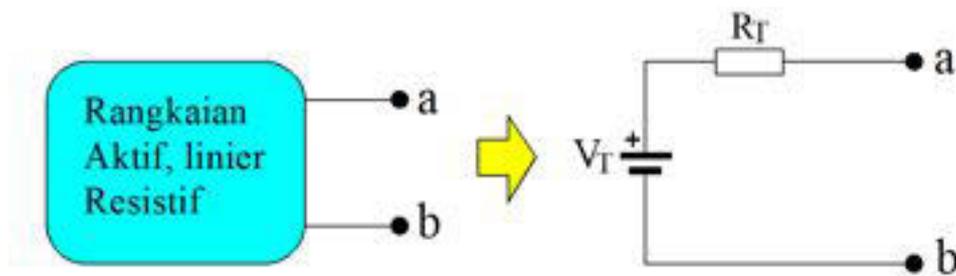
2) Menghitung Arus oleh sumber tegangan V2 adalah I2, rangkaian ekivalen seperti gambar 4.9

Gambar 4.9 rangkaian ekivalen, saat V1 dihubung singkat

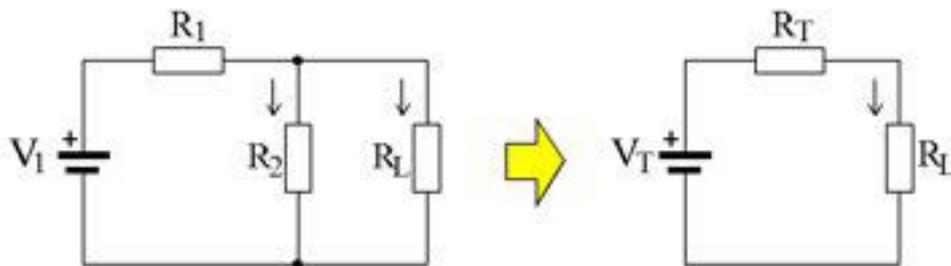
Dari gambar diatas diperoleh persamaan arusnya :

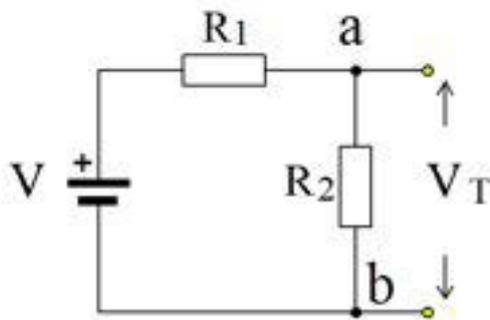
$$I1 = \frac{V2}{R3 + (R2 // R1)} \cdot \frac{R1}{R2 + R1}$$

3) Menghitung Arus yang mengalir pada R2 yaitu I, yang merupakan penjumlahan dari I1 dan I2 (karena arahnya sama) maka I = I1 + I2

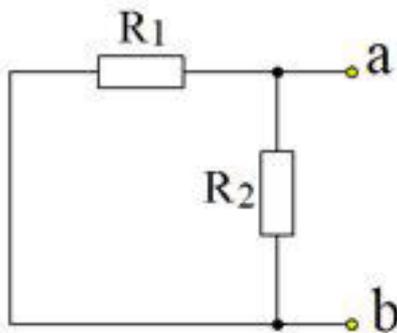
5.2.12 Teori Thevenin

Suatu rangkaian aktif, linier dan resistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan sebuah sumber tegangan dan sebuah tahanan yang diseri, perhatikan Gambar 4.10

Gambar 4.10 Rangkaian Dengan Sumber Tegangan Pengganti

VT disebut tegangan pengganti Thevenin, R T disebut tahanan pengganti Thevenin. Sebagai contoh perhatikan rangkaian pada Gambar 4.11 di bawah ini.

Gambar 4.11 rangkaian pengganti Thevenin

Untuk menghitung V_T beban RL dilepas, tegangan antara a dan b tanpa RL merupakan tegangan V_T. (perhatikan Gambar 4.12)

$$VT = \frac{R2}{R1 + R2}.V$$

Gambar 4.12 rangkaian pengganti untuk mendapatkan V_T

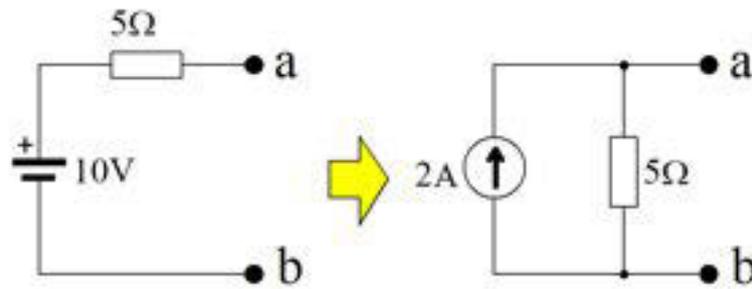
Untuk menghitung RT dengan mencari tahanan antara a dan b (dengan sumber tegangan dihubung singkat) Hal ini dapat diperjelas dengan melihat Gambar 4.13 di bawah ini.

$$RT = R1 // R2$$

$$RT = \frac{R1.R2}{R1 + R2}$$

Gambar 4.13 rangkaian pengganti untuk mendapatkan V_T

5.2.13 Teori Norton

Suatu rangkaian aktif, linier dan reisistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan sebuah sumber arus dan sebuah tahanan yang diparalel dengan sumber arus. Untuk menghitung sumber arus beban dilepas lalu dicari arus hubung singkat. Sedangkan untuk menghitung tahanan pengganti caranya sama dengan mencari tahanan pengganti Thevenin. Antara teori Thevenin dan Norton mempunyai hubungan yang sangat erat.

Jika rangkaian pengganti Thevenin sudah dihitung maka rangkaian pengganti Norton mudah ditentukan. Misalnya rangkaian pengganti Thevenin di atas diganti Norton menjadi seperti Gambar 4.14 berikut ini.

Gambar 4.14 rangkaian pengganti untuk Teori Norton

Arus norton diperoleh dengan persamaan $IN = \frac{10V}{5\Omega} = 2A$

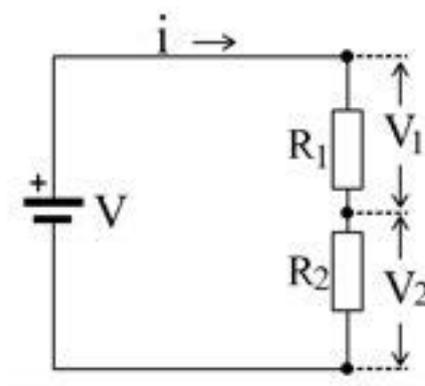
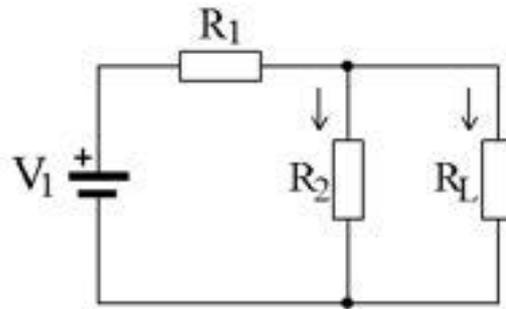
5.3 RANGKUMAN

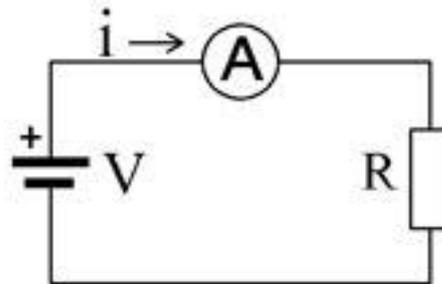
1. Arus listrik merupakan gerakan elektron-elektron yang mengalir ke suatu arah gerakan elektron tersebut. Arus listrik ini diberi notasi I dalam satuan ampere (A)
2. Satuan ampere adalah jumlah muatan listrik dari 6,24 x 10^{18} elektron yang mengalir melalui suatu titik tertentu selama satu detik
3. Satu Coulomb adalah jumlah muatan listrik yang melalui suatu titik sebesar satu ampere selama satu detik", dirumuskan : Q = I.t
4. Tegangan listrik merupakan perbedaan potensial antara dua titik yang mempunyai perbedaan jumlah muatan listrik
5. Dikatakan arus searah apabila elektron berpindah dalam arah yang tetap (positip saja atau negatip saja) tidak berubah-ubah dan diberi tanda =
6. sedangkan apabila pada saat elektron berpindah terjadi perubahan yang bolak-balik saat tertentu keatas/kekiri, kemudian kebawah/kekanan kembali keatas/kekiri lagi dan seterusnya dinamakan arus bolak-balik, dan diberi simbol ~
7. Rapat arus adalah besarnya arus yang mengalir pada setiap mm^2 luas penampang penghantar listrik yang diukur dengan satuan ampere per mm^2
8. GGL atau gaya gerak Listrik adalah besarnya sumber tegangan listrik pada saat sumber tersebut belum dibebani
9. Tegangan Jepit adalah GGL atau gaya gerak Listrik adalah besarnya sumber tegangan listrik pada saat sumber tersebut sudah ada beban

10. Hubungan antara arus listrik, tegangan listrik dan hambatan listrik dalam suatu rangkaian listrik dinyatakan dalam hukum Ohm $R = \frac{V}{I}$
11. Daya listrik adalah kemampuan atau kapasitas untuk melakukan suatu usaha atau energi
12. Dalam rangkaian listrik, daya berbanding lurus dengan tegangan dan arus yang dirumuskan sebagai P = I x V
13. Sejumlah daya listrik dapat berupa tenaga atau energi. Dengan tenaga listrik bisa mendapatkan panas, cahaya, gerakan, suara, dan lain-lain
14. Satuan jumlah daya listrik dinamai watt yang dapat menimbulkan tenaga atau energi listrik dalam waktu tertentu dalam satuan watt detik atau joule atau kWh.
15. Hukum Kirchoff I untuk rangkaian atau jala-jala listrik berbunyi : "Jumlah aljabar dari arus listrik pada suatu titik percabangan selalu sama dengan nol" $\Sigma I = 0$
16. Hukum Kirchoff II ini berhubungan dengan rangkaian listrik tertutup yang menyatakan : "Di dalam rangkaian tertutup, jumlah aljabar antara tegangan (V) dengan kerugian-kerugian tegangan selalu sama dengan nol"
17. Dalam rangkain listrik untuk meperoleh suatu tegangan tertentu dapat menggunakan suatu kombinasi tahanan tertentu , rangkaian seperti ini disebut rangkaian pembagi tegangan
18. Teori superposisi digunakan untuk menganalisa rangkaian yang terdiri dari beberapa sumber tegangan dan tahanan
19. Arus total pada cabang tersebut merupakan jumlah aljabar dari arus tiap-tiap sumber dengan memperhatikan arah arus.
20. Teori Thevenin dapat menyederhanakan Suatu rangkaian aktif, linier dan resistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan sebuah sumber tegangan dan sebuah tahanan yang diseri
21. Teori Norton Suatu rangkaian aktif, linier dan reisistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan sebuah sumber arus dan sebuah tahanan yang diparalel dengan sumber arus

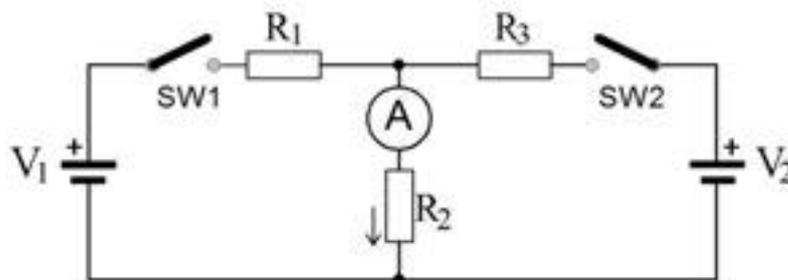
5.4 TUGAS

1) Buatlah suatu percobaan untuk membuktikan bahwa garis-garis gaya magnet membentuk suatu garis-garis yang bergerak dari kutub utara magnet menuju ke kutub selatan magnet ?
2) Buatlah suatu percobaan untuk membuktikan adanya induksi timbal-balik pada dua buah kumparan yang dipasang secara paralel ?
3) Buatlah grafik untuk membuktikan percobaan dari hukum Ohm, dimana :
   a. Arus berbanding lurus dengan tegangan [I = f(V)]
   b. Tegangan berbanding lurus dengan tahanan [V = f(R)]
   c. Tahanan berbanding terbalik dengan arus [R = f(I)]
4) Buatlah suatu rangkaian percobaan untuk membuktikan kebenaran dari hukum Kirchoff (arus atau tegangan, atau arus dan tegangan) ?

1) Dua buah tahanan 50 ohm dan 100 ohm disusun seri dihubungkan dengan dua buah baterey yang diseri masing–masing 1,5 volt. Hitunglah arus yang mengalir dan tegangan pada tiap–tiap tahanan!
2) Sebuah aki 6 V mempunyai tahanan dalam 0,5 ohm dihubungkan dengan tahanan 5,5 ohm. Hitunglah arus yang mengalir dan tegangan pada tahanan!
3) Perhatikan gambar dibawah ini, jika diketahui R1 = 4Ω dan R2 =2Ω , hitunglah arus dan tegangan yang mengalir pada ke dua tahanan tersebut R1 dan R2

4) Perhatikan gambar dibawah ini, jika diketahui R1 = 5,5Ω dan R2 =12Ω dan RL = 6Ω dan sumber tegangan V1=15V Hitunglah Arus yang mengalir pada R1, R2 dan RL

5) Masih pada soal sebelumnya, berapakah besarnya tegangan drop pada masing masing resistor (R1, R2 dan RL)?

6) Perhatikan Gambar dibawah ini, sebuah sumber tegangan DC sebesar 12V yang dibebani sebuah R dengan nilai 60Ω

Hitunglah !

- Arus yang mengalir pada resistor
- Daya yang diserap tahanan (P)
- Energi listrik yang diserap dalam 1 jam (W)
- Panas yang dilepas tahanan dalam 1 jam

7) Hitunglah arus yang mengalir pada tahanan R2 pada saat SW1 dan SW2 ditutup dengan menggunakan teori super posisi jika diketahui V1=8V , V2=9V dan R1 = 4Ω R2 = 12Ω dan R3 = 6Ω

5.5 TES FORMATIF

1) Apa yang dimaksud dengan arus elektron dan arus listrik dalam teknik listrik ?
2) Bagaimana reaksi gaya antara dua buah muatan listrik yang tidak sejenis apabila didekatkan ?
3) Berapakah muatan listrik yang akan pindah dari sebuah baterai yang mengeluarkan arus sebesar 2 ampere selama 5 menit ?
4) Apa yang dimaksud dengan istilah induksi sendiri pada suatu kumparan yang dialiri arus listrik ?
5) Suatu kondensator memiliki kapasitas 500 μF. Berapa nilai kapasitas kondensator tersebut kalau mau diubah ke dalam satuan farad ?
6) Suatu kapasitor keping sejajar mempunyai luas penampang 4 cm2 dan jarak antar keping 2 mm. Bila di antara kedua keping berisi kertas dengan K = 3 dan permitivitas ruang hampa/udara = 8,85 x 10^{-12} C2/N.m2. Berapakah kapasitas dari kondensator tersebut ?
7) Sebutkan 3 sifat yang dimiliki oleh kondensator ?
8) Suatu lampu mempunyai tahanan 500 ohm, dihubungkan dengan sumber tegangan 200 volt. Berapakah bersarnya arus yang mengalir pada lampu tersebut ?
9) Suatu kawat penghantar mempunyai penampang 1,5 mm2. Apabila pada kawat tersebut dialiri arus listrik sebesar 6 amper, berapakan kerapatan arus listrik yang terjadi pada kawat penghantar tersebut ?
10) Sebuah lampu pijar 40 watt, 220 volt digunakan setiap hari selama 8 jam. Berapa kWh besarnya energi listrik yang digunakan oleh lampu tersebut selama satu bulan (30 hari) ?

5.6 JAWABAN TES FORMATIF

1) Arus elektron adalah elektron yang bergerak dari kutub yang kelebihan elektron (kutub negatif) menuju kutub yang kekurangan elektron (kutub posisitf). Tetapi berdasarkan konvensi atau kesepakatan dijelaskan bahwa arus listrik mengalir dari kutub positif menuju ke kutub negatif.
2) Akan saling tarik-menarik
3) Q = 2 x 5 x 60 = 600 coulomb
4) Induksi diri atau induksi sendiri adalah proses terjadinya gaya-gerak listrik (ggl) akibat adanya garis-garis gaya magnet (ggm) yang timbul pada kumparan yang dialiri arus listrik memotong kawat-kawat lilitan pada pada kumparan itu sendiri, sehingga akibat perpotongan itu dapat menimbulkan ggl induksi pada kumparan itu sendiri.
5) 500 x 10-6 = 5 x 10-4 = 0,0005 F
6) 5,31 x 10-12 F = 5,31 pF
7) (a) menyimpan muatan listrik, (b) menahan listrik dc, (c) menghubungkan arus ac.
8) 0,4 A
9) 4 A/mm2
10) 9,6 kWh

5.1 LEMBAR KERJA 4

Tujuan Praktek

- Peserta diklat mampu menganalisis rangkaian listrik arus sederhana dengan menggunakan hukum Kirchoff.
- Peserta diklat mampu menganalisis rangkaian menggunakan teori superposisii, teori Thevenin dan teori Norton.
- Peserta diklat mampu menuliskan persamaan tegangan dalam loop tertutup.
- Peserta diklat mampu menghitung arus loop, arus dari setiap cabang rangkaian.
- Peserta diklat mampu menghitung arus dan daya dengan analisis loop.
- Peserta diklat mampu menuliskan persamaan arus dalam suatu titik cabang.
- Peserta diklat mampu menghitung tegangan titik simpul, arus yang mengalir pada setiap cabang, dan daya yang diserap tiap tahanan.

Alat dan Bahan

- Power supply dc 0 – 20 V — 1 buah
- Ampere meter DC — 3 buah
- Multimeter — 1 buah
- Tahanan 100 W , 5 watt — 1 buah
- Tahanan 200 W , 5 watt — 1 buah
- Termometer — 1 buah
- Gelas Ukur — 1 buah
- Stop Watch — 1 buah
- Pemanas Air 220 V / 250 watt — 1 buah
- Saklar — 1 buah
- Kabel penghubung — secukupnya

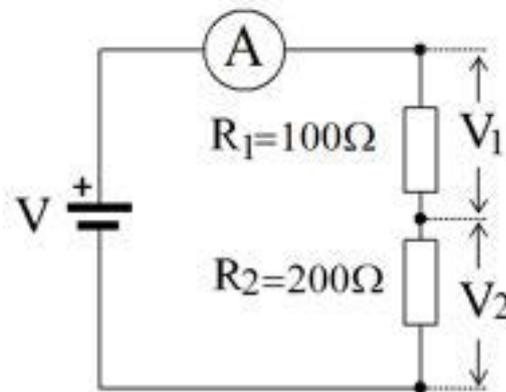
Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1) Jangan menghubungkan ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar!
2) Perhatikan polaritas dari sumber tegangan dan alat-alat ukur. Jangan memasang alat ukur dengan polaritas yang salah!

3) Perhatikan batas ukur dari alat-alat ukur dan kemampuan dari tahanan! Arus yang mengalir pada alat ukur tidak melewati batas ukur dan diluar kemampuan arus maksimal pada tahanan!
4) Letakkan peralatan pada tempat yang aman dan mudah diamati!
5) Posisi power supply dalam kondisi minimum!

Langkah Kerja

Percobaan I (Pembagi Tegangan)

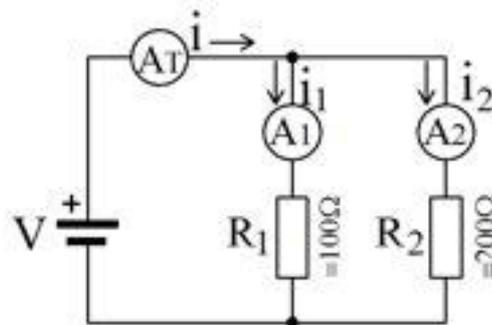
1) Buatlah rangkaian seperti Gambar 4.15 berikut!
2) Setelah rangkaian benar hidupkan power supplly dan aturlah tegangan seperti Tabel 1 berikut! Catatlah besar arus yang mengalir serta ukur tegangan pada R1 dan R2 pada setiap perubahan tegangan masukannya!
3) Buatlah kesimpulan dari pengamatan data yang diambil dari hasil praktek.

Gambar 4.15 rangkaian pembagi tegangan

Tabel 4.1 Pengamatan drop tegangan pada pembagi tegangan

V (Volt)	I (Amper)	V1 (Volt)	V2 (Volt)
3			
6			
9			
12			
15			
20			

KESIMPULAN:

Percobaan II (Pembagi Arus)

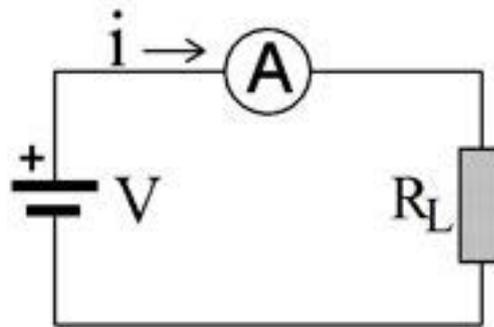
1) Buatlah rangkaian seperti Gambar 4.16 berikut!
2) Setelah rangkaian benar hidupkan power supplly dan aturlah tegangan seperti Tabel 1 berikut! Catatlah besar arus yang mengalir pada R1 dan R2 pada setiap perubahan tegangan masukannya!
3) Buatlah kesimpulan dari pengamatan data yang diambil dari hasil praktek.

Gambar 4.16 rangkaian pembagi tegangan

Tabel 4.2 Pengamatan distribusi arus pada R1 dan R**2**

V (Volt)	AT (Amper)	A1 (mA)	A2 (mA)
3			
6			
9			
12			
15			
20			

KESIMPULAN:

Percobaan III (Daya dan Energi Listrik)

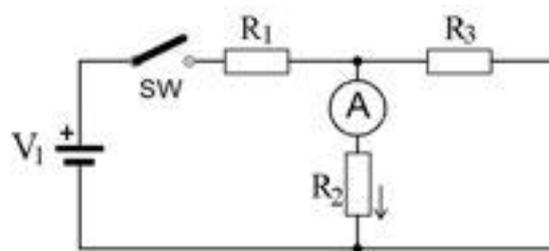
1) Buatlah rangkaian seperti Gambar 4.17 berikut!
2) Setelah rangkaian benar hidupkan power supplly dan aturlah tegangan seperti Tabel 1 berikut! Catatlah besar arus yang mengalir pada R1 dan R2 pada setiap perubahan tegangan masukannya!
3) Hitunglah energi yang terpakai jika kondisi seperti yang ada pada tabel berlangsung selama 2 Jam dan masukkan hasilnya pada kolom terakhir WH (Watt hours)
4) Buatlah kesimpulan dari pengamatan data yang diambil dari hasil praktek.

Gambar 4.17 rangkaian percobaan daya dan energi

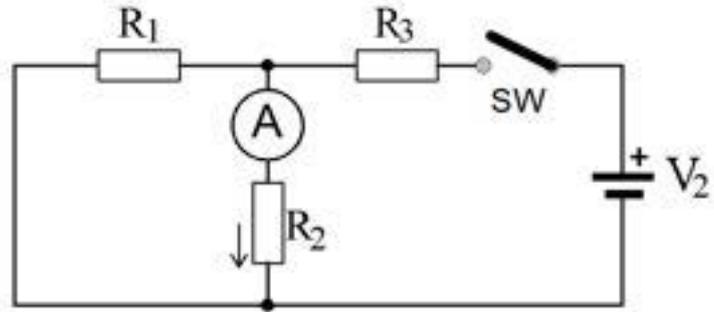
Tabel 4.3 Pengamatan arus dan tegangan pada RL

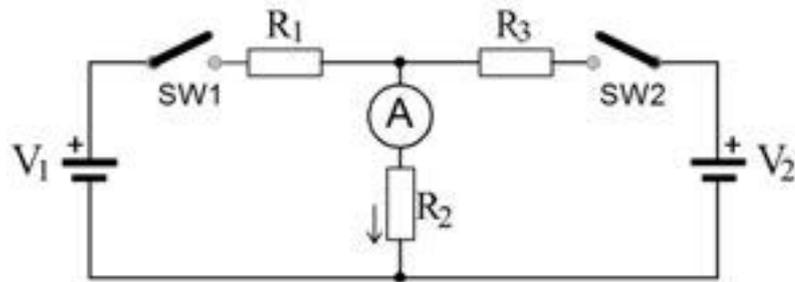
V (Volt)	I (Amper)	V (Volt)	P (Watt)	Energi (WH)
6				
9				
12				
15				
20				

KESIMPULAN:

Percobaan IV (Super Posisi)

1) Buatlah rangkaian seperti Gambar 4.18 berikut! Dengan nilai komponen yang dimaksud adalah R1 = 100Ω R2= 200Ω R3= 300Ω
2) Setelah rangkaian benar hidupkan power supplly dan aturlah tegangan keluaran dari sumber tegangan dc sehingga menunjukkan nilai V1= 22 volt!
3) Setelah rangkaian benar hubungkan saklar SW dan catat arus yang mengalir pada tabel 4.4 nomor 1

Gambar 4.18. Rangkaian Percobaan

4) Buatlah rangkaian seperti Gambar 4.18 berikut! Dengan nilai komponen yang dimaksud adalah R1 = 100Ω R2= 200Ω R3= 300Ω
5) Setelah rangkaian benar hidupkan power supplly dan aturlah tegangan keluaran dari sumber tegangan dc sehingga menunjukkan nilai V2= 14 volt!
6) Setelah rangkaian benar hubungkan saklar SW dan catat arus yang mengalir pada tabel 4.4 nomor 2

Gambar 4.19. Rangkaian Percobaan

7) Buatlah rangkaian seperti Gambar 4.20 berikut! Dengan nilai komponen yang dimaksud adalah R1 = 100Ω R2= 200Ω R3= 300Ω
8) Setelah rangkaian benar hidupkan power suppIly dan aturlah tegangan keluaran dari sumber tegangan dc sehingga menunjukkan nilai 22 volt untuk V1 dan 14V untuk V2
9) Setelah rangkaian benar hubungkan saklar SW1 dan SW2 secara bersamaan dan catat arus yang mengalir pada tabel 4.4 nomor 3
10) Buatlah kesimpulan dari pengamatan data yang diambil dari hasil praktek.

Gambar 4.20. Rangkaian Percobaan

Tabel 4.4 Pengamatan arus yang mengalir pada RL

No	I R2 (dari V1)	I R2 (dari V2)	I R2 Total
1			
2			
3			

6. Kegiatan Belajar 5

RANGKAIAN KAPASITOR

6.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini siswa dapat:

- Peserta diklat mampu menjelaskan fungsi dari kapasitor
- Peserta diklat mampu menjelaskan jenis kapasitor berdasarkan polaritasnya
- Peserta diklat mampu menjelaskan komponen apa saja yang mempengaruhi kemampuan kapasitor dalam menyimpan muatan listrik
- Peserta diklat mampu pembaca nilai kapasitansinya dari kapasitor yang terdapat pada bodinya.
- Peserta diklat dapat menghitung kapasitansi kapasitor jika dihubungkan secara seri dari dua atau lebih kapasitor
- Peserta diklat dapat menghitung kapasitansi kapasitor jika dihubungkan secara diklat paralel dari dua atau lebih kapasitor
- Peserta diklat dapat menjelaskan konstruksi kapasitor antara kapasitor polar dan kapasitor non polar dan hubungannya dengan pemberian supply nya
- Peserta diklat dapat menghitung konstanta waktu pada proses pengisian dan pengosongan kapasitor
- Peserta diklat dapat menghitung besarnya tegangan dan arus sesaat (saat t tertentu) pada proses pengisian
- Peserta diklat dapat menghitung besarnya tegangan dan arus sesaat (saat t tertentu) pada proses pengosongan

- Peserta diklat mampu mengukur nilai kapasitansinya dengan menggunakan multimeter digital

6.2 Uraian Materi

5.3 Pengertian

Sebuah kapasitor dapat dibentuk oleh dua pelat penghantar yang terpasang secara parallel dan dipisahkan oleh suatu bahan dielektrikum yang juga berfungsi sebagai isolator. Secara matematis hubungan nilai kapasitansi dari sebuah kapasitor ditentukan oleh persamaan berikut;

$$C = \varepsilon_o . \varepsilon_r \frac{A}{d}$$

Dimana *C* adalah besarnya kapasitansi dalam Farad (F);

$$1F = 1\frac{A.s}{V} = 1\frac{s}{\Omega}$$

→*A*: arus dalam satuan *Ampere, V*: tegangan dalam satuan *Volt, s:* waktu dalam satuan *second* (detik)

ε_o adalah permetivitas mutlak

$= (8,85.10 - 12 \frac{A.s}{V.m})$

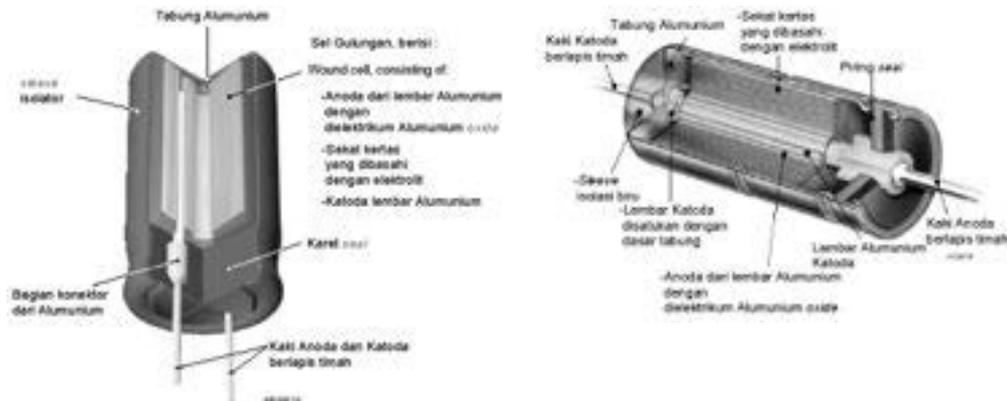
ε_r adalah permetivitas relatif konstata dielektrikum

A dalam Persamaan 1.87 adalah luas penampang pelat

d adalah jarak antara kedua pelat, yakni tebal dielektrikum

Dari persamaan di atas bahwa besarnya nilai kapasitansi dari sebuah kapasitor sangat ditentukan oleh luas penampang pelat, permitivitas relatif, dan dielektrikum bahan. Agar didapatkan bentuk fisik dari kapasitor kecil ,maka lazimnya untuk memperoleh nilai kapasitansi yang layak, dibuat perbandingan dengan besaran-besaran ditentukan sedemikian sehingga dipilih luas pelat yang besar dengan permitivitas tinggi dan dielektrikumnya tipis.

Perbandingan nilai kapasitansi sebuah kapasitor terhadap volume adalah penting sekali karena pada umumnya ruang yang tersedia untuk sebuah kapasitor sangat terbatas. Pada kebanyakan jenis kapasitor yang terbuat dari bahan lembaran tipis panjang dari kertas-plastik penghantar dan dipisahkan oleh dielektrikum tipis, lalu digulung secara bersama-sama. Permasalahan disini kemungkinan besar hanya akan didapatkan nilai kapasitansi yang sangat terbatas kira-kira hanya diperoleh sampai beberapa microfarad saja.

Kendala yang lain adalah, bahwa dielektrikum yang mempunyai sifat isolasi dan relatif sangat tipis, pada kenyataanya harus mampu menahan tegangan balik DC yang cukup tanpa menjadi rusak, sehingga pemilihan bahan dielektrikum sangat menentukan kekuatan sebuah kapasitor.

Gambar 5.1. Konstruksi Sebuah Kapasitor

Besarnya muatan total yang dapat disimpan Q sangat ditentukan oleh besarnya nilai dari kapasitansi C dikalikan terhadap besarnya tegangan DC yang dikenakan pada kedua ujung pelat tersebut, dan ini biasanya sering dipakai sebagai ukuran efisiensi suatu jenis kapasitor.

$$Q = C \times V$$

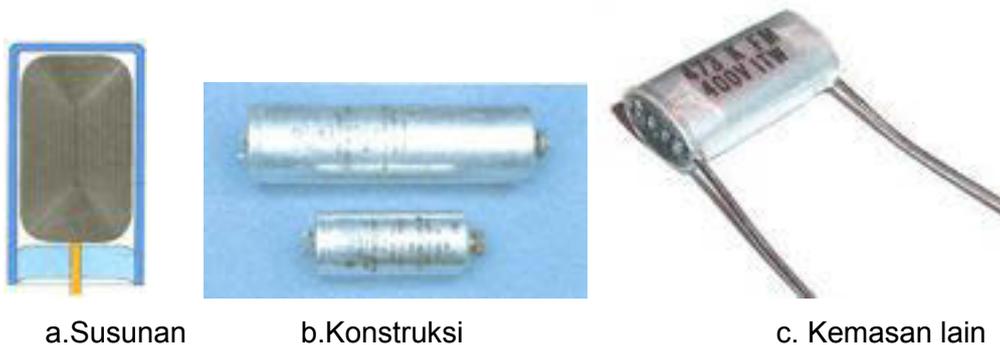
6.2.2 Satuan Kapasitor

Kapasitas sebuah kapasitor dinyatakan dalam satuan Farrad (F) namum 1 Farrad adalah harga yang sangat besar sekali untuk sebuah kapasitor. Di pasaran kapasitor umumnya dijual dalam ukuran kapasitas yang jauh lebih kecil dari 1 Farrad. Untuk kapasitor polar (dwi kutub) dengan bahan dielektrik larutan elektrolit dijual dengan satuan mikro Farrad, umumnya dari 0,1 mikro Farrad hingga 47000 mikroFarrad (47 miliFarrad). Sedangkan untuk kapasitor non polar umumnya tersedia dengan kapasitas yang lebih kecil lagi, berkisar dari 1000 nanoFarrad hingga 1 pikoFarrad.

- 1 Pikofarad (pF) → 1 x10^{-12}F
- 1 Nanofarad (pF) → 1 x10^{-19}F
- 1 Microfarad (pF) → 1 x10^{-6}F

6.2.3 Macam Macam Kapasitor

6.2.3.1 Kapasitor kertas

Terdiri dari lembaran kertas tipis, dicelupkan kedalam minyak atau cairan lilin yang fungsinya untuk mencegah terhisapnya udara lembab dan juga untuk memperbaiki atau memperbesar kekuatan dielektrikum, kemudian kertas tersebut dilapisi dengan lembaran aluminium tipis

a.Susunan b.Konstruksi c. Kemasan lain

Gambar 5.2. Kapasitor kertas

Kontak pada lembaran logam aluminium cukup dibuat dengan cara menyolder pada carikan logam (tab) yang menghasilkan rancangan lembaran dalam keadaan tertanam, atau dengan memperpanjang lembaran tersebut pada setiap ujungnya. Pada jenis lembaran yang diperpanjang, sambungan pada ujung dibuat dengan menyolder sebuah tutup ujung pada lembaran yang menonjol. Tahap akhir, kapasitor tersebut ditutup rapat dalam sebuah kaleng logam, atau dikemas dalam lapisan damar.

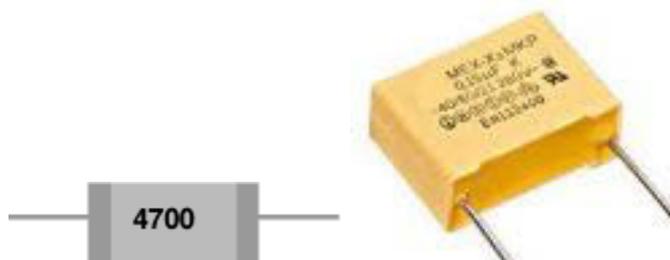
Kapasitor-kapasitor dari jenis lembaran logam mempunyai kecendurungan nilai kapasitansinya menjadi lebih besar karena lembaran-lembaran itu sendiri mempunyai ketebalan tertentu berkisar 5μm dan kertasnya mempunyai tebal sekitar 10μm. Secara fisik, kapasitor-kapasitor yang lebih kecil dibuat dengan memberi logam pada dielektrikum dengan cara mengedapkan aluminium pada kertas yang bersangkutan. Kapasitor-kapasitor yang dilapisi logam mempunyai bagian tepi yang bebas logam, sehingga memungkinkan dibuatkan sambungan-sambungan pada ujungnya.

Keuntungan lain dari jenis yang dilapisi logam adalah bahwa jenis ini mempunyai sifat yang disebut “penyembuhan sendiri”. Bila dielektrikum mengalami kerusakan pada sati tempat tertentu suatu hal, seperti panas yang ditimbulkan oleh bunga api, maka dia akan segera dapat menguapkan lapisan logam yang tipis disekitar kerusakan, dan hai ini dapat menghindari terjadinya

hubung singkat. Sedangkan untuk kapasitor-kapasitor jenis lembaran logam apabila mengalami kerusakan di dalam dielektrikum, maka dia tidak terdapat sifat sifat penyembuhan diri dan malah semakin memperparah kerusakan dielektrikumnya akibat percikan bunga api hubung singkat.

Keuntungan jenis bahan lembaran logam bila dibandingkan dengan laisan logam adalah bahwa lembaran logam dapat membuat disipasi daya lebih besar, dan mempunyai karakteristik pulsa dan beban lebih yang lebih baik.

6.2.3.2 Kapasitor Film Plastik

Kapasitor-kapasitor jenis ini mempunyai konstruksi phisik yang serupa dengan kapasitor jenis kertas, dan jenis lembaran logam maupun jenis lapisan logam. Bedanya pada jenis lembaran logam, beberapa film tipis yang terbuat dari bahan plastik diselingi kertas aluminium dan dengan mesin digulung menjadi sebuah kumparan. Kemudian kumparan tersebut dilengkapi dengan tutup-tutup ujung dan dibungkus damar atau jenis pernis sebagai isolasi.

Gambar 5.3. Contoh konstruksi kapasitor film plastik

Kapasitor-kapasitor jenis film polistiren atau lembaran logam merupakan kapasitor-kapasitor plastik yang pertama diproduksi dan dapat memberikan stabilitas yang baik sekali, dengan resistansi isolasi dielektrikum yang tinggi, serta koefisien suhunya yang rendah. Kapasitor jenis ini dapat diproduksi dengan toleransi yang cukup kecil, akan tetapi dengan bentuk phisik yang agak besar karena lapisan logam pada film polistiren tidak mungkin dapat dilakukan akibat titik leburnya yang agak rendah. Kapasitor dielektrikum plastik yang banyak digunakan dalam rangkaian- rangkaian elektronik untuk penerapan yang tidak kritis adalah jenis polistiren yang diberi logam. Dan kapasitor-kapasitor jenis ini lebih umum disebut sebagai jenis polister.

6.2.3.3 Kapasitor Mika

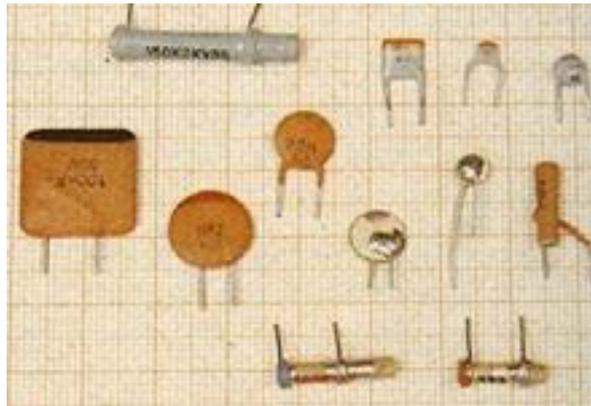
Mika adalah merupakan zat yang terdapat secara alamiah yang karena struktur phisik kristalnya yang serupa dengan pelat, sehingga menjadikannya dapat dilaminasi menjadi lembaran-lembaran yang sangat tipis sekali. Mika adalah jenis bahan yang sangat stabil dengan permitivitas yang tinggi, sehingga kapasitor kapasitor yang terbuat dari jenis bahan ini dapat menghasilkan spesifikasi unjuk kerja yang baik.

Gambar 5.4. Contoh konstruksi kapasitor Mika

Eletroda-elektroda logam yang dilapisi perak dihubungkan langsung pada lembaran-lembaran mikanya dan lembaran-lembaran tersebut ditumpuk sedemikian rupa lalu digulung menjadi kapasitor lengkap. Rakitan yang sudah terbentuk menjadi gulungan tersebut selanjutnya dirapatkan sekaligus disekat dengan plastik atau dicelupkan kedalam damar. Proses terakhir ini dapat meningkatkan keandalan yang lebih baik karena selama proses perapatan, tekanan yang diterapkan pada kapasitor lebih rendah.

6.2.3.4 Kapasitor Keramik

Berdasarkan jenis bahannya, jenis ini secara umum dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu jenis bahan dengan tingkat kerugian permetivitas rendah dan jenis bahan dengan tingkat kerugian permitivitas tinggi. Jenis bahan dengan permitivitas rendah biasanya dibuat dari steatite, adalah suatu mineral alamiah. Proses awal, bahan ini digiling sampai halus dan dipres kemudian dipanaskan sampai kira-kira 900 ^{o}C untuk menghilangkan ketidakmurnian (campuran bahan). Tahap berikutnya adalah digiling kembali, dan dibentuk pada suhu sekitar 1300 ^{o}C. Kapasitor keramik secara umum mempunyai bentuk

phisik dibuat piringan pipih atau persegi. Sebagai contoh, selembar pelat tipis yang diberi logam pada kedua sisinya dan sambungan-sambungan penghantar disolder padanya. Selanjutnya, pada bagian badanya diberi lapisan seperti pernis yang berfungsi sebagai isolasi. Kapasitor-kapasitor jenis bahan seperti ini mempunyai koefisien suhu yang rendah ($\pm$30ppm/^{O}C) dan biasanya disebut sebagai jenis kapasitor NPO (non polaritas).

Gambar 5.5. Contoh konstruksi kapasitor keramik

Bahan keramik dengan permitivitas tinggi mempunyai keuntungan dalam mendapatkan nilai kapasitansi yang besar dengan volume yang kecil, dan bahan yang dipergunakan adalah barium titanat, dimana besarnya permitivitas dapat mencapai sampai 10.000. Kapasitor-kapasitor jenis ini banyak dimanfaatkan untuk kopling dan dekopling pada kegunaan umum. Karena kapasitor jenis ini mempunyai nilai perubahan kapasitansi dengan variasi yang cukup lebar, untuk itu sangat cocok digunakan pada daerah aplikasi yang tidak menuntut spesifikasi yang terlalu kritis, seperti pengaruh yang disebabkan oleh perubahan suhu, frekuensi, dan tegangan maupun perubahan terhadap waktu.

Jenis bahan keramik monolitik atau jenis keramik berbentuk balok, merupakan jenis bahan yang relatif baru diperkenalkan. Pertama kali dikenalkan, dimaksudkan hanya untuk jenis kapasitor sebagai komponen yang berbentuk keping (*chip*-SMD) yang dapat dipasang langsung pada rangkaian-rangkaian film atau PRT. Keuntungan dari penerapan jenis ini adalah bahwa induktansi seri yang sangat rendah karena pada proses ini tidak diperlukan sambungan.

Dengan adanya kemajuan dan keberhasilan jenis bahan ini, kemudian sekarang dikemas dan dihubungkan sambungan elektroda sebagai penghantar.

Pengembangan kapasitor jenis ini terbuat lapisan-lapisan yang tersusun berselang-seling yang terdiri atas dielektrikum keramik tipis yang terbuat dari bahan yang mempunyai permitivitas medium sampai tinggi dengan dipasang elektroda-elektroda. Untuk membentuk sebuah balok monolitik dan yang memiliki sifat seperti sepotong keramik , maka lapisan-lapisan tersebut dipres dan dipanasi. Besarnya nilai kapasitansi yang bisa dicapai, misalnya untuk nilai sebesar 4,7μF dengan tegangan kerja 50V-DC hanya berdimensi (12 x 12 x 5) mm^3. Dengan demikian kapasitor dari jenis bahan ini juga banyak yang diaplikasikan sebagai kegunaan umum seperti kopling dan dekopling, dan sekarang banyak bersaing dengan kapasitor elektrolit kecil lainnya.

6.2.3.5 Kapasitor Elektrolit

Salah satu keunggulan kapasitor jenis ini adalah mempunyai kemampuan untuk menyimpan muatan Q = C.V yang lebih besar bila dibandingkan dengan jenis kapasitor lainnya, dan lazim dipergunakan sebagai elemen perata (filter frekuensi rendah) pada rangkaian catu daya dan juga dapat berfungsi sebagai kopling maupun dekopling pada penguat- penguat untuk frekuensi audio (AF).

Nilai kapasitansi yang tinggi dapat diperoleh karena kenyataan bahwa dielektrikum yang dibentuk melalui proses elektrolit dengan hasil lapisan-lapisan yang sangat tipis, hanya beberapa nanometer. Jenis kapasitor elektrolit dapat dibedakan dalam dua macam kelompok, yaitu kapasitor elektrolit dari bahan aluminium dan tantalum.

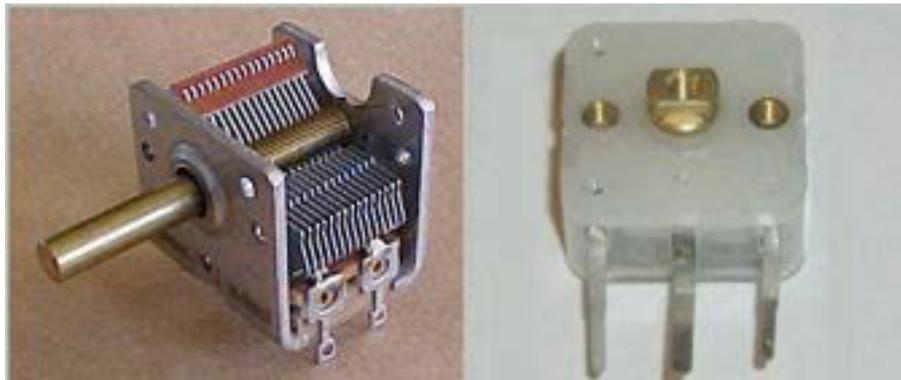
Konstruksi kapasitor elektrolit-aluminium adalah kertas berupa aluminium dengan kemurnian yang sangat tinggi, mencapai (99,9%) dimasukan kedalam bak berisi cairan elektrolit (proses elektrolisa) dengan tegangan tertentu, kemudian digerakan dalam bak dengan kecepatan yang konstan/stabil. Tegangan yang terhubung kedalam larutan elektrolit tersebut menyebabkan aliran arus pembentukan mengalir yang besarnya berangsur-angsur mengecil ketika oksida aluminium mulai tumbuh dan menempel pada permukaan kertas aluminium.

Terbentuknya lapisan tipis oksida aluminium ini, yang bersifat isolator dan merupakan dielektrikum kapasitor. Bagian lembaran anode (polaritas positif) yang terlapisi dengan unsur lembaran oksida secara bersamaan

digulung dengan lembaran pemisah dari kertas tissue pada sebuah mesin penggulung. Pemisah kertas tissue yang lembut dan tipis seketika menjadi jenuh dengan elektrolit seperti ammonium borat atau etilen glikol.

Gambar 5.6. Contoh konstruksi kapasitor elektrolit

6.2.3.6 Variabel Kapasitor (Varco)

Variabel kapasitor adalah jenis kapasitor yang besar kapasitasnya bisa diubah-ubah dengan mengatur luas bidang elektroda yang berhadapan. Variabel kapasitor umumnya menggunakan bahan dielektrik udara. Variabel kapasitor dirangkai bersama dengan induktor dan resistor, digunakan sebagai alat untuk men-turning frekuensi radio. Karena menggunakan bahan dielektrik udara maka kapasitor ini memiliki kapasitas yang kecil dalam orde picoFarrad. berikut adalah gambar varibel kapasitor.

Gambar 5.7. Contoh konstruksi kapasitor variable

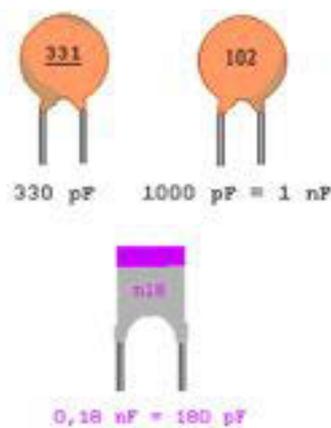
6.2.4 Pengkodean Kapasitor

Beberapa kapasitor yang dikeluarkan oleh pabrik mempunyai cara pengkodean yang berbeda-beda. Secara garis besar pengkodean sebuah kapasitor dapat dikelompokan berdasarkan dielektrikum jenis bahan, tegangan

kerja, nilai kapasitansi beserta toleransinya, sedangkan untuk spesifikasi data-data yang lebih spesifik dan terperinci biasanya pabrik menginformasikan melalui datasheet; seperti misalnya besarnya nilai resistansi seri atau parallel, kerugian-kerugian arus kebocoran. Untuk mengetahui semua arti yang tertulis pada komponen-komponen kapasitor, maka untuk itu penting sekali cara memahami penulisan dari kode-kode tersebut.

Pengkodean kapasitansi dan toleransi, menjelaskan nilai kapasitansi sebuah kapasitor dengan batas toleransi yang diberikan, lazimnya penulisan kode kapasitor mengacu pada aturan IEC (*International Elektrotechnik Commision*), berdasarkan hasil pengujian pada suhu 20ºC. Untuk penulisan kode toleransi pada umumnya dinyatakan dengan huruf kapital dan ditulis setelah kode nilai kapasitansi. Ada dua macam penulisan pengkodean kapasitor, yaitu penulisan dengan abjad dan kode warna. Salah satu contoh, di dalam badan kapasitor tertulis kode-kode sebagai berikut:

6.2.4.1 Pengkodean dengan angka

Kapasitor non polar pada umumnya nilai kapasitansinya kecil dan informasi dari kondensator tersebut dikodekan dalam bentuk angka untuk nilai kapasitansinya dan dalam bentuk huruf untuk toleransinya,sebagai contoh gambar dibawah ini ada beberapa kapasitor jenis keramik yang memberikan informasi hanya kapasitansinya saja

Gambar 5.8 Contoh pengkodean pada kapasitor

Pada gambar diatas kapasitor keramik dikodekan dengan 3 angka yang artinya

Angka ke 1 = Angka

Angka ke 2 = Angka dan

Angka ke 3 = Perkalian (jumlah nol)

Kadang hanya terdapat dua angka untuk kapasitor dengan kapasitansi yang kecil, untuk itu angka tersebut adalah kapasitansinya, satuan dari kapasitor ini dinyatakan dalam satuan piko Farat (pF)

Contoh pengkodean yang lain:

0,47 M 250 :

0,47 Besarnya kapasitansi 0,47 μF

M Besarnya toleransi ± 20%

250 Besarnya tegangan kerja yang diijinkan 250V

Tegangan kerja**,** merupakan batas tegangan kerja DC maksimum atau tegangan AC maksimum yang boleh diijinkan pada temperatur kerja 40ºC. Untuk penulisan kode tegangan kerja pada umumnya dinyatakan dengan huruf kecil atau langsung dinyatakan dalam angka dan ditulis setelah kode toleransi.

Tabel 2.2 Contoh pengkodean elemen kapasitor.

Huruf Kecil	Tegangan Kerja (V)	Huruf Besar	Toleransi (%) untuk nilai C > 10pF
a	50 DC	D	± 0,5
b	125 DC	F	± 1
c	160 DC	G	± 2
d	250 DC	H	± 2,5
e	350 DC	J	± 5
f	500 DC	K	± 10
g	700 DC	M	± 20
h	1000 DC	N	± 30
u	250 AC	P	+100 s/d -0
v	350 AC	Q	+30 s/d -10
w	500 AC	R	+30 s/d -20
		S	+50 s/d -20
		T	+50 s/d -10
		Z	+100 s/d -20

Kode 1	Kode 2	Kode 3	Kode 4	Contoh

Gambar 5.9 Bentuk fisik kapasitor dengan kode warna

6.2.5 Rangkaian Seri dan Paralel Kapasitor

Seperti hubungan pada rangkaian resistor, kapasitor dapat juga dihubungkan secara parallel, seri, maupun gabungan antara seri dan paralel.

Pada hubungan parallel, Gambar 1.91. menunjukan dua buah kapasitor yang dihubungkan parallel, atau kedua kapasitor yang terhubung paralel tersebut bisa diwakili dengan satu buah kapasitor sebagai elemen pengganti. Sebagaimana sifat pada hubungan parallel, bahwa secara keseluruhan kedua kapasitor mendapat tegangan pengisian yang sama besar dan dengan waktu yang sama pula. Dengan demikian besarnya muatan total Q_T pada rangkaian parallel dapat ditentukan seperti persamaan berikut:

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

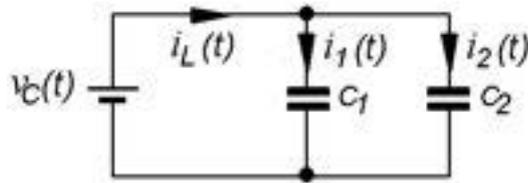
karena hubungan muatan adalah Q = C. V, maka setiap kapasitor dapat dimuati sebesar:

$$Q_1 = C_1.\ V; \qquad Q_2 = C_2.V; \qquad Q_T = C_T.V$$

dengan demikian:

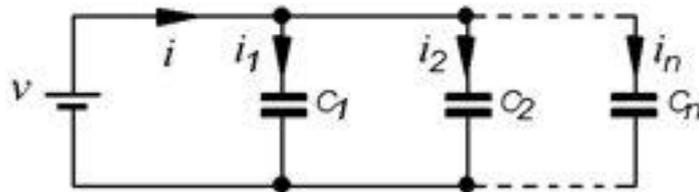
$$C_T.V = C_1.\ V + C_2.V$$

maka besarnya kapasitansi total pada rangkaian paralel adalah

$$C_T = C_1. + C_2 + \ldots\ldots\ldots.Cn$$

Gambar 5.10. Rangkaian 2 kapasitor dipasang secara parallel

$$KCL \Rightarrow i_C(t) = i_1(t) = i_2(t)$$

$$C\frac{dv_C(t)}{dt} = C_1\frac{dv_C(t)}{dt} + C_2\frac{dv_C(t)}{dt}$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

Gambar 5.11. Rangkaian n kapasitor dipasang secara parallel

$$i = C_1\frac{dv}{dt} + C_2\frac{dv}{dt} + ...$$

$$i = (C1 + C2 + ...)\frac{dv}{dt} = C_{par} \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$C_{par} = C_1 + C_2 + ... + C_n$$

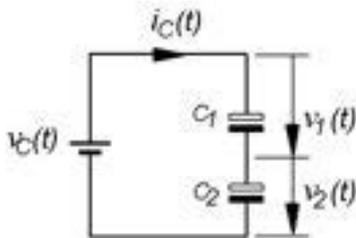
Berdasarkan persamaan di atas, maka besarnya nilai kapasitansi total adalah sama dengan jumlah keseluruhan dari masing-masing kapasitor. Dengan demikian menghubungkan kapasitor secara paralel pada prinsipnya adalah sama dengan memperbesar luas penampang ($A = A_1 + A_2$) dari kondensator-kondensator tersebut

Untuk hubungan seri pada prinsipnya sama seperti hubungan parallel, Gambar 1.94. menunjukan dua buah kapasitor yang terhubung secara seri, atau kedua kapasitor yang dihubungkan demikian tersebut dapat juga diwakili dengan satu buah kapasitor sebagai elemen pengganti. Sebagaimana sifat pada hubungan seri, bahwa besarnya pembagi tegangan pengisian secara keseluruhan pada masing-masing kapasitor adalah:

$$V_T = V_1 + V_2$$

Karena pada hubungan seri pada seiap kapasitor mempunyai tegangan pengisian yang berbeda, dengan demikian besarnya muatan pada masing-masing kapasitor adalah sama ($Q_T = Q_1 = Q_2 = Q$).

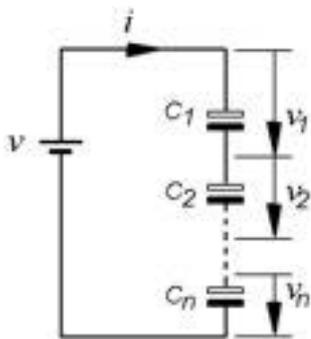
Dari persamaan di atas didapatkan hubungan tegangan $(V = Q / C)$, dengan demikian besarnya tegangan pada masing-masing kapasitor adalah;

$$\frac{Q}{C_T} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \quad \text{sehingga;} \quad \frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \text{.........} + \frac{1}{Cn}$$

Gambar 5.12. Rangkaian 2 kapasitor dipasang secara seri

$$KCL \Rightarrow v_C(t) = v_1(t) = v_2(t)$$

$$\frac{dv_C(t)}{dt} = \frac{dv_1(t)}{dt} + \frac{dv_2(t)}{dt}$$

$$\frac{i_C(t)}{C_{eq}} = \frac{i_C(t)}{C_1} + \frac{i_C(t)}{C_2}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Gambar 5.13. Rangkaian n kapasitor dipasang secara seri

Tegangan Kerja Kondensator (Working Voltage) adalah tegangan maksimum yang diizinkan bekerja pada sebuah kapasitor. Kapasitas kondensator dinyatakan dengan satuan Farad dan tegangan kerja dinyatakan dengan Volt. Tegangan kerja Kondensator/Kapasitor AC untuk non polar : 25 Volt; 50 Volt; 100 Volt; 250 Volt 500 Volt, Tegangan kerja DC untuk polar : 10 Volt; 16 Volt; 25 Volt; 35 Volt; 50 Volt; 100 Volt; 250 Volt

6.2.6 Rangkaian Pengisian dan Pengosongan Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat digunakan untuk menyimpan muatan listrik dalam waktu tertentu. Kapasitor umumnya terbuat dari 2 buah lempeng konduktor yang ditengah-tengahnya disisipkan lempengan isolator yang disebut dielektrikum. Apabila sebuah kapasitor dihubungkan dengan sumber arus searah maka dalam beberapa saat akan ada arus listrik yang mengalir masuk ke dalam kapasitor, kondisi ini disebut proses pengisian kapasitor, apabila muatan listrik di dalam kapasitor sudah penuh, maka aliran arus listrik akan berhenti. Bila hubungan ke kapasitor di tukar polaritasnya, maka muatan listrik akan kembali mengalir keluar dari kapasitor.

Tegangan listrik pada kapasitor besarnya berbanding lurus dengan muatan listrik yang tersimpan di dalam kapasitor, hubungan ini dapat dituliskan menjadi : $(V = Q / C)$ Kapasitansi (C) dari sebuah kapasitor didefinisikan sebagai perbandingan jumlah muatan (Q) dengan beda potensial (V) antara konduktor. Atau dengan kata lain kapasitansi adalah jumlah muatan dibagi dengan beda potensial. Yang dirumuskan sebagai berikut : $C = \frac{Q}{V}$

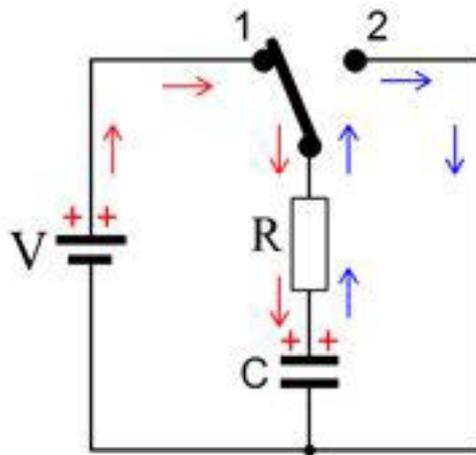
Berdasarkan definisi satuan dari kapasitansi adalah coulomb/volt yang disebut Farad. → 1 Farad = 1 coulomb / volt

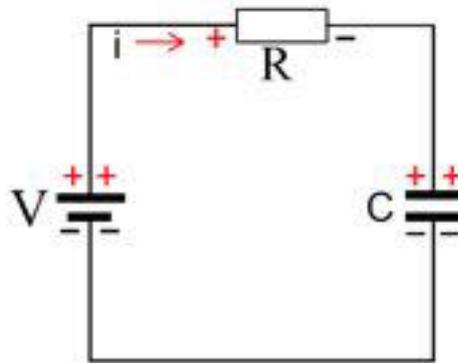
Satu farad didefinisikan kapasitansi sebuah kapasitor yang memerlukan muatan 1 coulomb agar beda potensial 1 volt pada kedua pelat. Satu Farad merupakan satuan yang sangat besar, dalam praktek digunakan satuan yang lebih kecil mikro Farad (μF) dan piko Farad (pF). → 1 farad = 10^6 mikro Farad (μF) = 10^{12} pikofarad (pF)

Kapasitor merupakan komponen pasif yang dapat menyimpan energi listrik sesaat kemudian melepaskannya. Sifat kapasitor inilah yang menghasilkan suatu tegangan transien atau tegangan peralihan bila digunakan sumber arus searah.

6.2.6.1 Pengisian Kapasitor

Pada saat saklar S dihubungkan ke posisi 1 maka ada rangkaian tertutup antara tegangan V, saklar S, tahanan R, dan C. Arus akan mengalir dari sumber tegangan Kapasitor melalui tahanan R yang ditandai dengan panah warna merah. Hal ini akan menyebabkan naiknya perbedaan potensial pada Kapasitor Dengan demikian, arus akan menurun sehingga pada suatu saat tegangan sumber akan sama dengan perbedaan potensial pada Kapasitor. Akan tetapi arus akan menurun sehingga pada saat tegangan sumber sama dengan perbedaan potensial pada Kapasitor dan arus akan berhenti mengalir (I = 0).

Pada saat saklar S dihubungkan pada posisi 2. pada saat itu kapasitor masih penuh muatannya. Karena itu arus akan mengalir melalui tahanan R. Pada saat sampai terjadi proses pengosongan kapasitor , tegangan kapasitor akan menurun sehingga arus yang melalui tahanan R akan menurun. Pada saat kapasitor sudah membuang seluruh muatannya (V_c = 0) sehingga demikian aliran arus pun berhenti (I = 0).

Gambar 5.14. Rangkaian R–C Dengan Sumber Tegangan Searah

Jika pada waktu t = 0 saklar dipindah ke posisi 1 maka akan ada arus mengalir untuk mengisi kapasitor , sampai kapasitor penuh. Arus yang mengalir makin kecil sedangkan tegangan kapasitor makin besar. Proses ini disebut proses pengisian kapasitor. Untuk menentukan besar arus dan tegangan dapat dibuat rangkaian ekivalen seperti Gambar 5.15. sebagai berikut :

Gambar 5.15. Rangkaian ekivalen Untuk Menentukan V dan I pengisian

Sesuai dengan hukum Kirchoff II tentang tegangan maka jumlah tegangan dalam rangkaian tertutup sama dengan nol. Atau

- V + VR + VC = 0

VR = i R dimana i = dq / dt

VC = q / C

- V + i R + q / C = 0

Jika V tetap maka arus menjadi i = V / R – q / RC

Pada saat t = 0, q = 0, arus pada t = 0 disebut arus awal I0 = V / R .

Karena muatan q makin besar maka q / RC makin besar dan arus makin kecil, ketika arus i = 0 , maka

$$\frac{V}{R} = \frac{q}{RC}$$

q = C V = Qf ; Qf = muatan akhir kapasitor

untuk menghitung i maka i diganti dengan dq / dt

$$\frac{dq}{dtR} = \frac{V}{R} - \frac{q}{RC}$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{VC - q}{RC}$$

$$\frac{dq}{VC - q} = \frac{dt}{RC}$$ → kalau ke dua ruas di Integralkan maka

$$\int \frac{dq}{VC - q} = \int \frac{dt}{RC} \rightarrow -In(VC - Q) = \frac{t}{RC + k}$$ k=konstanta

Pada saat t = 0 , q = 0 maka besar k

-Ln(VC-0)=0+k k=konstanta

k = -ln VC

$$-\ln(VC-q) = \frac{t}{RC} - \ln VC$$

$$\ln(VC-q) - \ln VC = -\frac{t}{RC}$$

$$1 - \frac{q}{VC} = e^{-t/RC}$$

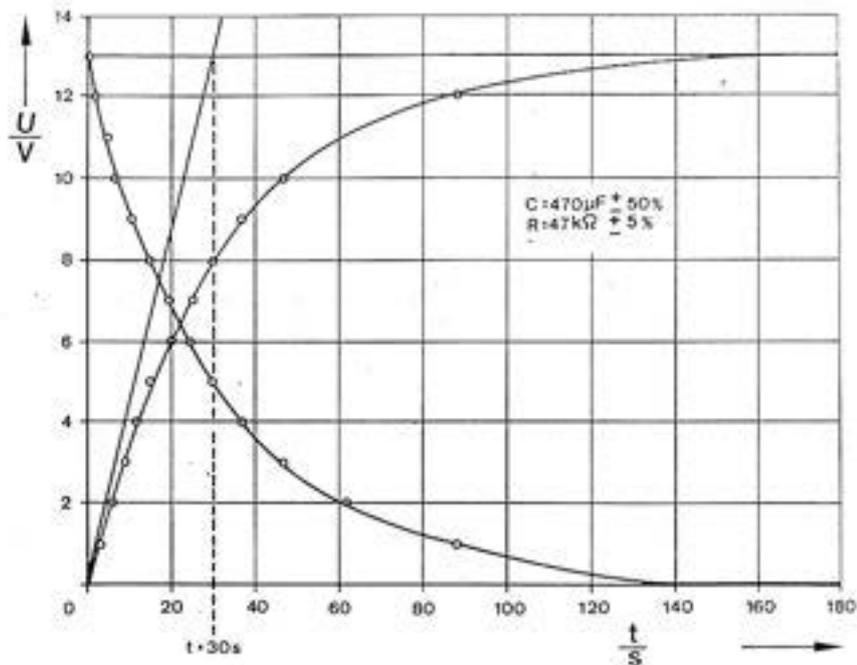
$$q = VC\left(1-e^{-t/RC}\right) = Q_f\left(1-e^{-t/RC}\right)$$

Dengan mengganti q = C Vc maka besarnya tegangan pengisian didapat :

$$V_C = V\left(1-e^{-t/RC}\right)$$

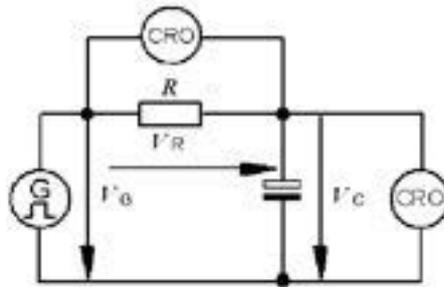
Sedangkan besarnya arus pengisian adalah:

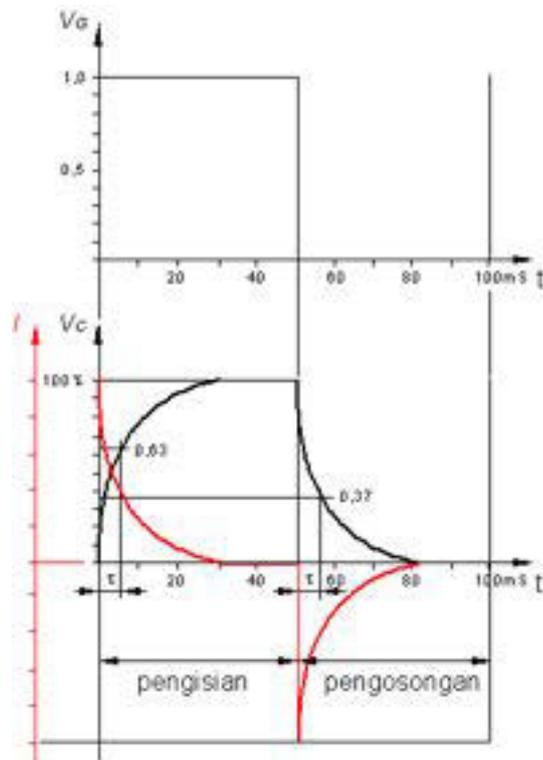
$$i = \frac{V}{R} \cdot e^{-t/RC}$$

Jika tegangan dan arus pengisian kapasitor dibuat grafik t diperoleh seperti dalam Gambar 33 berikut ini.

Gambar 5.16. grafik pengisian dan pengosongan

6.2.6.2 Pengisian dan Pengosongan Kapasitor dengan input kotak

Rangkaian uji untuk pengisian pengosongan seperti gambar dibawah ini, generator dengan gelombang kotak mensimulasikan tegangan arus searah

yang di”on-off”kan. Pada *t* = 0 - 50mS tegangan generator tinggi mesimulasikan rangkaian mendapat tegangan arus searah, saat *t* = 50 -100ms rangkaian mendapat tegangan 0V.

Gambar 5.17. Rangkaian Uji Pengisian dan Pengosongan Kapasitor

Dari hasil percobaan tergambar di layar CRO yang digambarkan pada gambar berikut ini.

Gambar 5.18. Kurva pengisian dan pengosongan kapasitor

Terlihat saat *t* = 0 tegangan generator tinggi (*on*), tetapi tegangan V_C tidak segera setinggi tegangan generator, tetapi secara eksponensial naik, yang pada puncaknya maksimum setelah 5τ. Sementara arus, yang diukur oleh CRO pada tahanan R) pada *t* = 0 justru menunjukkan level maksimum, yang kemudian secara eksponensial turun, hingga setelah 5τ nilainya nol.

Perkalian tahanan dengan kapasitor disebut sebagai konstanta waktu dengan simbol τ

$\tau = R \cdot C$

R = Resistor / tahanan

C = Kapasitor

τ = konstanta waktu

Tegangan dan arus pada pengisian

$$V_C = V_G \cdot \left(1 - e^{-t/CR}\right)$$

$$I_C = I_G \cdot e^{-t/CR}$$

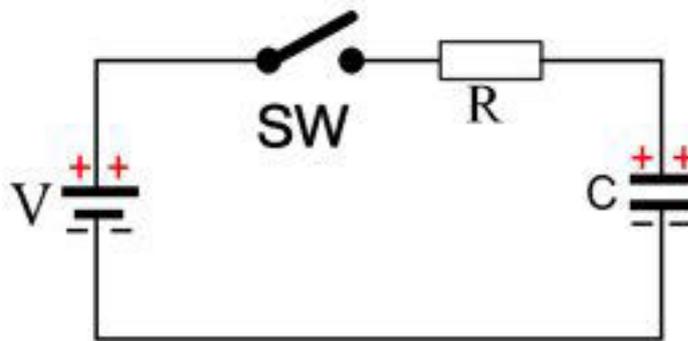
6.3 RANGKUMAN

1. Kapasitor adalah komponen elektronik yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik tanpa adanya reaksi kimia
2. Kapasitansi kapasitor ditentukan oleh Luas penampang, jarak antar plat dan dielektrikumnya
3. Adadua jenis kapasitor yaitu kapasitor polar contohnya Elco, yang tidak boleh terbalik didalam pemasangan kakinya, dan kapasitor non polar yang pemasangan kakinya bebas
4. Pembacaan kapasitansi dan informasi lain yang berkaitan dengan kapasitor, terdapat pada bodi kapasitor dalam bentuk angka dan kombinasi huruf, dan pada tipe yang lama ada yang menggunakan kode warna
5. Hubungan seri kapasitor rumusnya sama dengan resistor yang dihubungkan Paralel dan hubungan paralell kapasitor rumusnya sama dengan resistor yang dihubungkan secara seri
6. Kapasior total pada hubungan Paralel C Total = C1 + C2 + C3 + Cn
7. Kapasior total pada hubungan Seri C Total $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
8. Satu farad didefinisikan kapasitansi sebuah kapasitor yang memerlukan muatan 1 coulomb agar beda potensial 1 volt pada kedua pelat
9. Tegangan listrik pada kapasitor besarnya berbanding lurus dengan muatan listrik yang tersimpan di dalam kapasitor

6.4 TUGAS

1. Berdasarkan pada rangkaian pengisian kapasitor dibawah, dimana : tegangan pengisian (V_{in}) = 12 V hambatan (R) = 5 kΩ kapasitor (C) = 100 μF

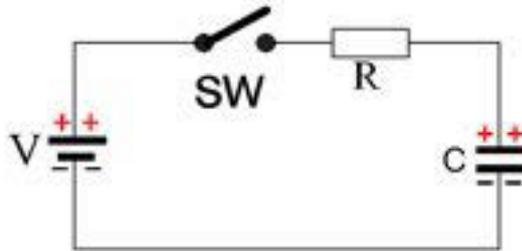
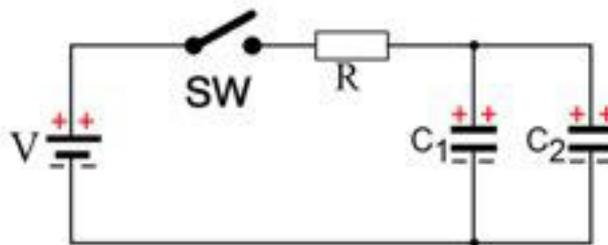
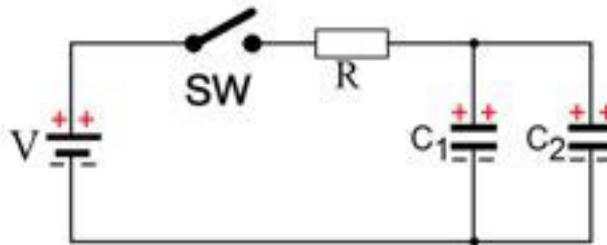
   Tentukan :

   a. Konstanta waktu pengisian (τ)
   b. Arus awal yang mengalir pada rangkaian (i_o)
   c. Tegangan dan arus kapasitor (V_c) setelah saklar ditutup selama 10 ms
   d. Waktu pengisian yang dibutuhkan agar tegangan kapasitor (V_c) terisi 50%nya
   e. Waktu pengisian yang dibutuhkan agar tegangan kapasitor (V_c) = 10V

2. Berdasarkan pada rangkaian pengisian kapasitor diatas, dimana : tegangan pengisian (V_{in}) = 12 V hambatan (R) = 5 kΩ kapasitor (C) = 100 μF

   Tentukan :

   a. Konstanta waktu pengisian (τ)
   b. Arus awal yang mengalir pada rangkaian (i_o)
   c. Tegangan dan arus kapasitor (V_c) setelah saklar ditutup selama 10 ms
   d. Waktu pengisian yang dibutuhkan agar tegangan kapasitor (V_c) terisi 50%nya
   e. Waktu pengisian yang dibutuhkan agar tegangan kapasitor (V_c) = 10V

6.5 TES FORMATIF

1. Sebuah rangkaian RC seperti gambar di bawah diketahui kapasitor mula-mula kosong, saat t = 0 saklar ditutup. Hitunglah tegangan pada saat 0,5 menit, 1 menit, 1,5 menit, 2 menit, 2,5 menit. Tegangan V = 20V R = 100k dan C = 300μF

2. Hitunglah arus yang mengalir pada soal no. 1.
   a. Setelah 0,5 menit
   b. Setelah 1 menit
   c. Setelah 1,5 menit
   d. Setelah 2 menit
   e. Setelah 2,5 menit
3. Sebuah rangkaian RC seperti gambar di bawah diketahui kapasitor mula-mula kosong, saat t = 0 saklar ditutup. Tegangan V = 10V R = 10k dan C1 = 100μF , C2 = 100μF

   Hitunglah tegangan pada kapasitor saat :
   a. 2 detik
   b. 4 detik
   c. 6 detik
   d. 8 detik
   e. 10 detik
4. Sebuah rangkaian RC seperti gambar di bawah diketahui kapasitor mula-mula kosong, saat t = 0 saklar ditutup. Tegangan V = 10V R = 10k dan C1 = 100μF , C2 = 100μF

Hitunglah Arus pada kapasitor saat :

a. 2 detik

b. 4 detik

c. 6 detik

d. 8 detik

e. 10 detik

6.6 JAWABAN TES FORMATIF

1. Tegangan pada saat :

   a. 0,5 menit = 12,64 V

   b. 1 menit = 17, 3 V

   c. 1,5 menit = 19 V

   d. 2 menit =19, 64 V

   e. 2,5 menit = 19, 86 V

2. Arus yang mengalir setelah

   a. 0,5 menit = 0,0726 mA

   b. 1 menit = 0,02706 mA

   c. 1,5 menit = 0,010 mA

   d. 2 menit = 0,0036 mA

   e. 2,5 menit = 0,0014 mA

3. Tegangan pada kapasitor saat

   a. 2 detik = 6,32 V

   b. 4 detik = 8,65 V

   c. 6 detik = 9,5 V

   d. 8 detik = 9,82 V

   e. 10 detik = 9,93 V

4. Arus dari soal no 3 saat :

   a. 2 detik = 0,368 mA

   b. 4 detik = 0, 135 mA

   c. 6 detik = 0,050 mA

d. 8 detik = 0,018 mA

e. 10 detik = 0,007 mA

7.6 LEMBARAN KERJA 5

Tujuan Praktek

- Peserta didik mampu membaca informasi yang berupa nilai kapasitansi, toleransi, tegangan kerja dengan informasi yang diberikan/ yang ada pada Kapasitor.
- Peserta didik mampu menghitung beberapa kondensator yang dihubungkan secara seri dengan kapasitor pengganti.
- Peserta didik mampu menghitung beberapa kondensator yang dihubungkan secara paralel dengan kapasitor pengganti.
- Peserta didik mampu menghitung konstanta waktu pengisian kapasitor dengan menentukan besarnya nilai R dan C.
- Peserta didik mampu menghitung konstanta waktu pengosongan kapasitor dengan menentukan besarnya nilai R dan C.
- Peserta didik mampu menghitung besarnya tegangan pengisian kapasitor sesaat pada waktu (t) tertentu, atau jika diketahui konstanta waktunya
- Peserta didik mampu menghitung besarnya arus pengisian kapasitor sesaat pada waktu (t) tertentu, atau jika diketahui konstanta waktunya
- Peserta didik mampu menghitung besarnya tegangan pengosongan kapasitor sesaat pada waktu (t) tertentu, atau jika diketahui konstanta waktunya
- Peserta didik mampu menghitung besarnya arus pengosongan kapasitor sesaat pada waktu (t) tertentu, atau jika diketahui konstanta waktunya

Bagian 1 Pembacaan nilai Kapasitor

Alat dan Bahan

1 Satu set kondensator elko .... 5 buah
2 Satu set kondensator keramic............................... 5 buah
3 Satu set kondensator Tantalum............................. 5 buah
4 Satu set kondensator Mika.................................... 5 buah
5 Satu set kondensator Polyestren............................ 5 buah
6 Multimeter Digital sanwa .... 1 buah

7 AVO meter dc .... 1 buah

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

- Pastikan posisi sumber tegangan dc pada kondisi awal selalu pada 0!
- Jangan menghubungkan rangkaian ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar
- Perhatikan polaritas sumber dan alat-alat ukur. Jangan menyambung dengan polaritas yang terbalik!
- Perhatikan batas ukur dari alat ukur yang digunakan! Hitunglah dulu arus yang mengalir berdasarkan teori. Setelah dihitung baru dipasang alat ukur yang sesuai!
- Letakkan alat ukur pada tempat yang aman dan mudah diamati!
- Hindari membuat sambungan kabel dalam keadaan terbuka!

Langkah Kerja

1. Siapkan bahan dan alat yang diperlukan dalam praktek
2. Mulailah dengan pembacaan nilai kapasitor, dan masukkan hasil pembacaan (sesuai dengan kode kapasitor) pada tabel 5.1 kolom pembacaan yang telah disediakan.
3. Perhatikan cara penggunaan meter digital disaat digunakan untuk mengukur kapasitor , dan pastikan sebelum diukur kapasitor sudah dihubung singkat terlebih dahulu.
4. Pembacaan kapasitor yang dimaksud adalah meliputi, kapasitansinya, toleransinya, tegangan kerja, jika tidak ada informasi yang menunjang, tuliskan yang ada saja.
5. Setelah dibaca, ukurlah dengan Kapasitansi meter dari AVO digital yang ada , dan masukkan hasilnya pada Tabel 5.1 kolom pengukuran
6. Bandingkan hasil pembacaan dengan hasil pengukuran, berapa prosenkah selisih dari keduanya?
7. Buatlah hasil kesimpulan dari praktek yang dilakukan.

No	Kapasitor	Kapasitansi		Toleransi (%)	Teg. Kerja
		Pembacaan	Pengukuran		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					

22					
23					
24					
25					

KESIMPULAN :

Bagian 2 Pengisian dan Pengosongan Kapasitor

Alat dan Bahan

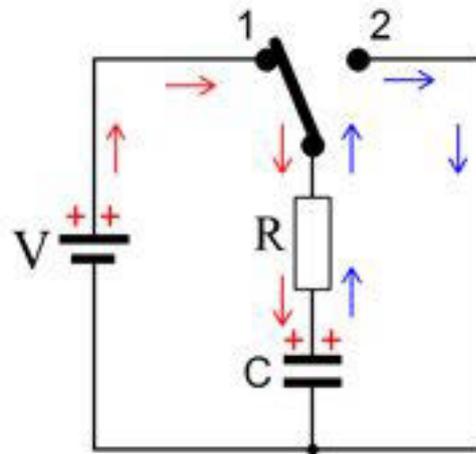
1 Sumber tegangan DC .... 1 buah
2 Saklar SPDT.. 1 buah
3 Tahanan 50 k ohm.. 1 buah
4 Tahanan 100 k ohm .... 1 buah
5 Stop watch... 1 buah
6 Kapasitor polar 1000 mF, 50 watt..................... 1 buah
7 Volt meter dc .... 1 buah
8 Galvano meter.. 1 buah
9 Kabel penghubung ....…………………….. secukupnya

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

- Pastikan posisi sumber tegangan dc pada kondisi awal selalu pada 0!
- Jangan menghubungkan rangkaian ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar
- Perhatikan polaritas sumber dan alat-alat ukur. Jangan menyambung dengan polaritas yang terbalik!
- Perhatikan batas ukur dari alat ukur yang digunakan! Hitunglah dulu arus yang mengalir berdasarkan teori. Setelah dihitung baru dipasang alat ukur yang sesuai!
- Letakkan alat ukur pada tempat yang aman dan mudah diamati!
- Hindari membuat sambungan kabel dalam keadaan terbuka!

Langkah Kerja

8. Buatlah rangkaian seperti Gambar 5.20 di bawah dengan harga R 10kΩ dan Kapasitor 470μF dan tegangan kerja 20V
9. Hitunglah konstanta waktu dari kombinasi rangkaian RC tersebut T=R.C yang merupakan dasar penentuan awal.
10. Aturlah tegangan sumber sehingga menunjukkan 20 volt!

11. Pindahkan saklar pada posisi 1 bersamaan dengan menghidupkan stop wacth!
12. Catatlah besar arus dan tegangan pada kapasitor sesuai waktu yang ditentukan pada Tabel 5.1
13. Setelah kapasitor penuh pindahkan saklar pada posisi 2 catat arus dan tegangan kemudian masukkan data ke dalam Tabel 5.2. yang merupakan tabel pengosongan kapasitor

Gambar 5.20 Rangkaian pengisian dan pengosongan kapasitor

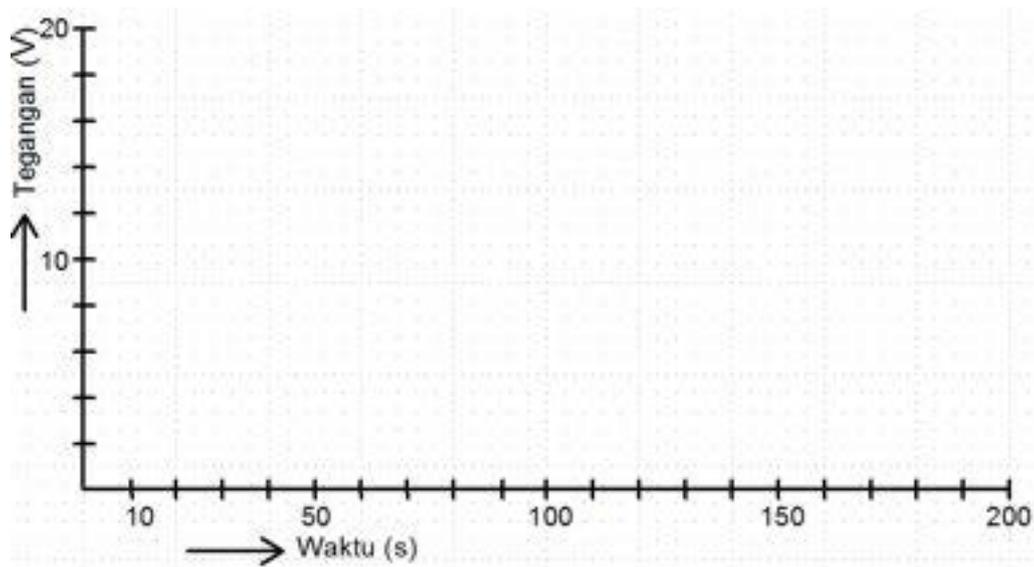
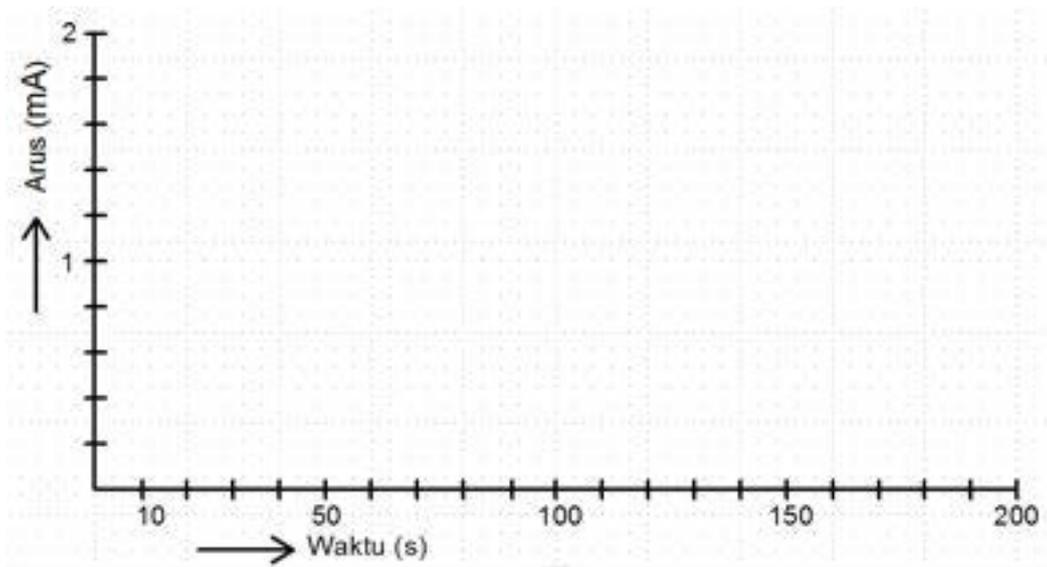
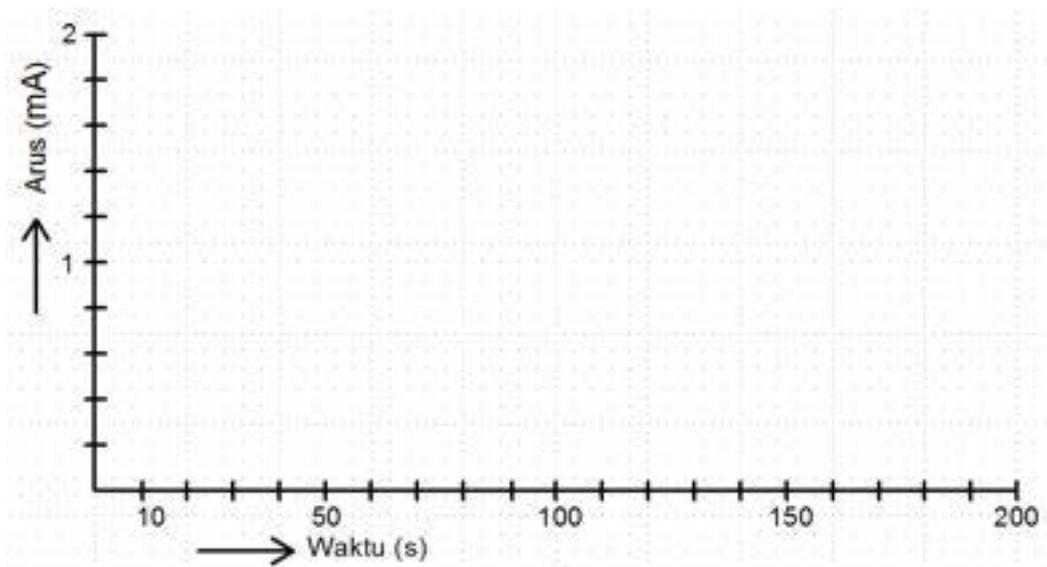
Tabel 5.1 pengisian Kapasitor

Waktu (detik)	Tegangan (Volt)			Arus (mili Amper)		
	470µF	Paralel	Seri	470µF	Paralel	Seri
0						
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
100						
110						
120						
130						
140						
150						
160						
170						
180						
190						
200						

14. Ulangilah langkah 3 sampai 5 untuk kapasitor diparalel, catat tegangan dan arus!
15. Ulangi langkah 3 sampai 5 untuk kapasitor diseri, catat besarnya tegangan dan arus!
16. Bandingkan hasil pengukuran dan hasil perhitungan dengan teori.
17. Buatlah grafik pengisian dan pengosongan setiap percobaan untuk tegangan dan arus!
18. Hentikanlah kegiatan dan kemudian kembalikan semua peralatan ke tempat semula!
19. Buat kesimpulan secara keseluruhan berdasarkan percobaan tadi!

Tabel 5.2 pengosongan Kapasitor

Waktu (detik)	Tegangan (Volt)			Arus (mili Amper)		
	470μF	Paralel	Seri	470μF	Paralel	Seri
0						
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
100						
110						
120						
130						
140						
150						
160						
170						
180						
190						
200						

Gambar 5.21 Grafik pengisian kapasitor Vc=f(t)

Gambar 5.22 Grafik pengosongan kapasitor Vc=f(t)

Gambar 5.22 Grafik pengosongan kapasitor Ic=f(t)

Gambar 5.22 Grafik pengosongan kapasitor Ic=f(t)

KESIMPULAN:

Dari grafik pengisian dan pengosongan dapat disimpulkan

- ✓ Tegangan saat pengisian
- ✓ Arus saat pengisian
- ✓ Tegangan saat pengosongan
- ✓ Arus saat pengosongan

7.Kegiatan Belajar 6

HUKUM KEMAGNETAN PADA RANGKAIAN LISTRIK

7.1 Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini siswa dapat:

- ➢ Menjelaskan definisi magnet dan sifat sifat dari magnet alamiah dan magnet buatan
- ➢ Menjelaskan kutub magnet dan perilaku medan magnet pada magnet batang
- ➢ Menjelaskan kejadian jika magnet batang dipotong potong menjadi beberpa bagian yang lebih kecil
- ➢ Menjelaskan kekuatan medan magnet dari magnet batang pada batang magnet
- ➢ Menjelaskan sifat bahan yang ferro magnetik
- ➢ Menjelaskan sifat bahan yang para magnetik
- ➢ Menjelaskan sifat bahan yang dia magnetic

7.2Uraian Materi

Hukum Kemagnetan

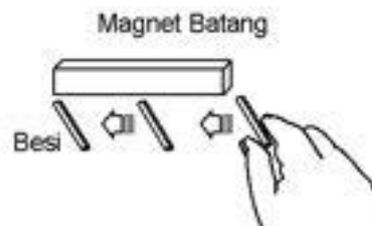
7.2.1 Medan Magnet

Sebuah magnet kita dekatkan dengan serbuk baja dengan serbuk besi tuang, tembaga, messing, bronze, nikel, plastik, kayu dan kertas secara terpisah. Magnet akan menarik serbuk-serbuk besi, besi tuang, nikel, kobalt dan menahannya (tetap menempel),ini ditunjukkan pada Gambar 6.1.

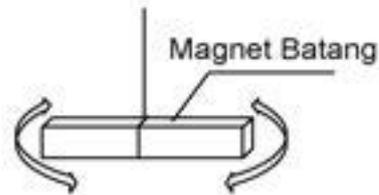
Gambar 6.1 Magnet batang menarik serbuk besi

Baja, besi tuanng, nikel dan kobalt merupakan bahan feromagnetik seperti halnya besi.

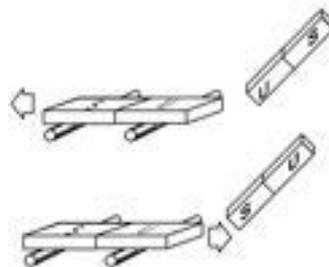
Kutub Magnet

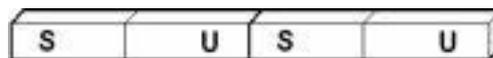
Sebuah besi kita sentuhkan pada batang magnet dan digeser dari ujung yang satu keujung yang lain,seperti ditunjukkan Gambar 6.2. Hasilnya, pada saat menempel pada ujung-ujung batang magnet, terasa tarikan yang kuat dibandingkan pada bagian tengah batang magnet.

Gambar 6.2 Percobaan identifikasi kutub magnet

Pada bagian yang memiliki daya tarik besar dari sebuah batang magnet disebut dengan kutub (pole). Kekuatan magnet terbesar pada ujung magnet batang dan semakin ke tengah kekuatan magnet semakin melemah. Sedang pada tengah batang magnet tidak terdapat kekuatan magnet.

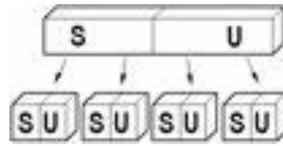
Sebuah batang magnet digantungkan sedemikian rupa sehingga batang magnet terbut bisa berputar dengan titik putar pada tengah batang magnet (Gambar 6.3). Ternyata batang magnet akan berhenti pada posisi mata angin utara - selatan. Kutub batang magnet yang menunjuk kearah utara dinamakan kutub utara (U) dan yang lainnya dinamakan kutub selatan (S).

Gambar 6.3 Prinsip dasar kompas

Pada penggunaannya, digunakan magnet jarum untuk membuat alat penunjuk arah yang dinamakan kompas.

Magnet batang diletakkan di atas dua buah roler, kemudian magnet batang lainnya kita dekatkan antar ujung (Gambar 1.102). Ternyata magnet batang dengan roler tertarik maju mendekat saat ujung yang berdekatan tidak senama. Jika magnet batang dibalik sehingga kutub yang berdekatan senama, maka magnet batang yang berada diatas roler menjauh.

Gambar 6.4 Tarik-menarik dan tolak-menolak antar kutub magnet

Ambil dua buah magnet batang dan ujung-ujungnya disatukan, lalu lakukan percobaan seperti Gambar 6.4.

Gambar 6.5 Dua magnet batang disatukan

Sisi-sisi manakah yang memiliki daya magnet kuat? Ternyata sisi yang memiliki daya magnet kuat hanya pada ujung-ujungnya saja, sehingga kedua magnet menjadi seperti sebuah magnet.

Kejadian ini juga terjadi sebaliknya, jika sebuah batang magnet kita potong-potong, maka masing-masing potongan akan memiliki kutub-kutub seperti sebuah magnet yang utuh (Gambar 1.104).

Gambar 6.6 Magnet batang dipotong

Bahan magnetik tersusun dari molekul-molekul magnetik seperti susunan diatas. Jika bahan tersebut tidak dimagnetkan maka molekul-molekul dalam bahan tersebut arahnya acak (gambar 1.105).

Gambar 6.7 Molekul dalam bahan magnetik

7.2.2 Jenis Bahan Magnetik

Tidaklah semua bahan logam dapat menjadi magnet. Ada terdapat 3 golongan logam, masing-masing adalah :

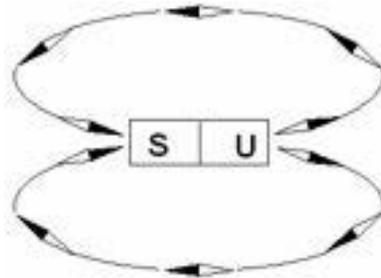
Bahan feromagnetik, Ialah jenis logam yang sangat mudah dibuat menjadi benda magnet dan sangat mudah dipengaruhi magnet. Bahan yang termasuk jenis ini seperti besi, baja, dan nikel

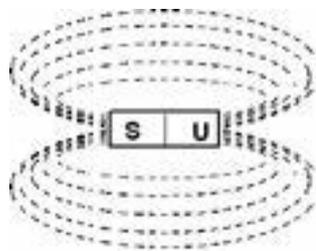
Bahan para magnetik, Ialah jenis logam yang tidak dapat dibuat menjadi benda magnet tetapi masih dapat dipengaruhi magnet. Bahan yang termasuk jenis ini seperti platina dan mangan.

Bahan dia magnetik, Ialah jenis logam yang tidak dapat dibuat magnet dan juga tidak dapat dipengaruhi oleh magnet. Bahan yang termasuk jenis ini seperti silisium, tembaga, seng, emas.

7.2.3 Garis Medan Magnet

Gerakkan magnet jarum (bisa menggunakan kompas kecil) mulai dari ujung magnet batang, lalu melingkar menuju ujung magnet yang lain. Perhatikan penunjukkan magnet jarum.

Magnet jarum berubah seperti Gambar 1.106 berikut ini.

Gambar 1.106 Percobaan garis medan magnet

Pada posisi masing-masing magnet jarum menunjukkan kekuatan. Magnet ini menunjukkan terbangkitnya medan magnet.

Gambar 1.107 Garis medan magnet

Secara grafis, medan magnet digambarkan seperti Gambar 1.107, dimana garis medan magnet selalu membentuk lingkaran tertutup.

7.2.4 Penggunaan Magnet Permanen

Magnet permanen digunakan untuk pembangkitan daya mekanik, untuk mengubah energi menkanik ke energi listrik dan untuk mengubah energi listrik ke energi mekanik.

Dalam *generator*, bila kita gerakkan kawat tembaga dalam medan magnet, maka akan terbangkit energi listrik.

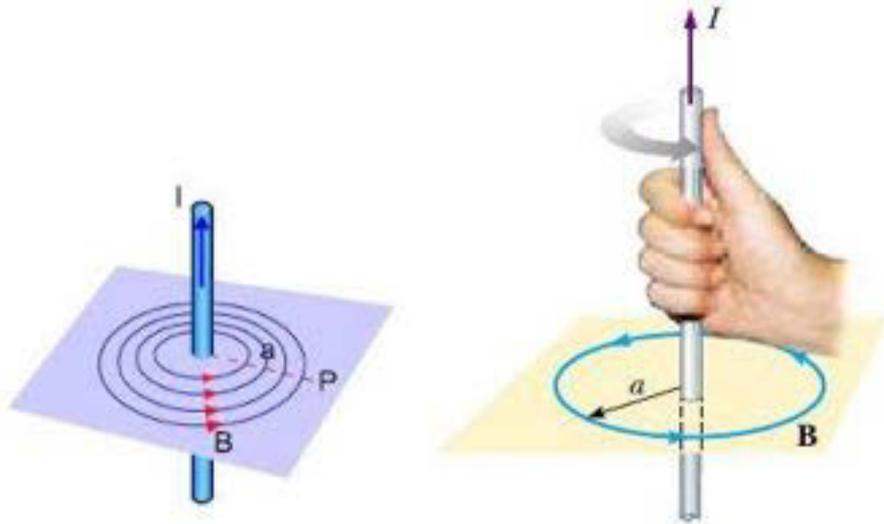
Efek ini juga digunakan pada mikrophon, dimana membran yang dihubungkan dengan kumparan, bila kumparan ini bergerak maka akan terbangkit listrik dengan besar sesuai suara yang mengenai membran.

Pada *motor*, bila kawat tembaga dalam medan magnet dialiri arus listrik, maka akan timbul gerak. Bila gerakan ini akan dapat diubah menjadi putaran.

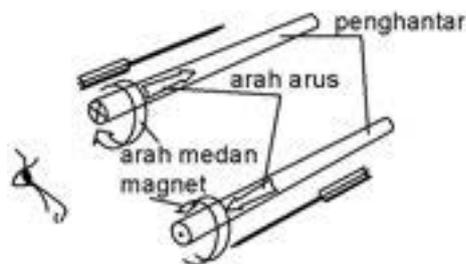
Pada efek kedua ini dapat pula digunakan pada alat-alat penunjuk pada alat ukur. Juga digunakan pula pada *loudspeaker*, dimana gerakan kawat akan menggerakkan membran.

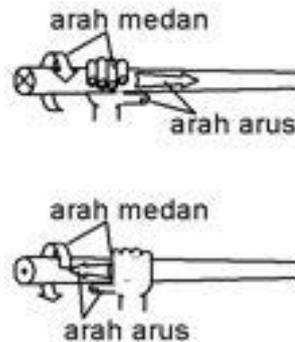
7.2.5 Medan Magnet sekitar Penghantar berarus.

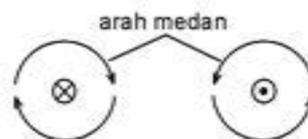
Sebuah penghantar ditusukkan pada selembar kertas, kemudian sebarkan serbuk besi dilebaran kertas tersebut kemudian alirkan arus listrik, seperti diperlihatkan Gambar 1.108.

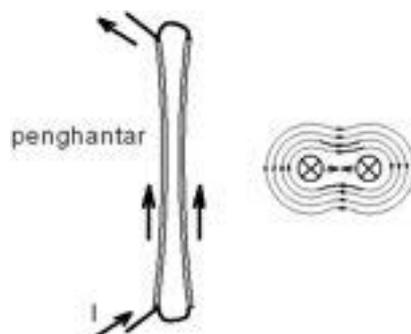
Serbuk besi tadi akan membentuk lingkaran sekitar penghantar.

Gambar 1.108 Medan magnet sekitar penghantar yang dialiri arus.

Sebuah magnet jarum diletakkan dekat penghantar yang dialiri arus. Magnet jarum digerakkan sekeliling penghantar. Perhatikan arah magnet jarum. Kemudian arah arus pada penghantar dibalik,perhatikan arah magnet dibandingkan dengan sebelumnya.

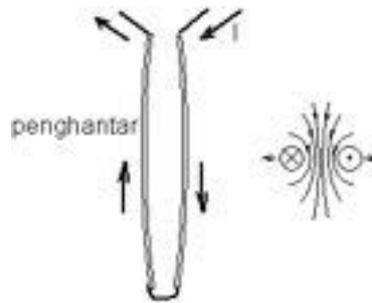
Ternyata arah magnet jarum tergantung dari arah arus pada penghantar. Arah medan diseputar penghantar dapat dilihat Gambar 1.109.

Gambar 1.109 Arah arus dalam penghantar

Anak panah melambangkan arah arus dalam penghantar, dan dipersamakan dengan anak panah, maka untuk anak panah yang menjauhi kita akan terlihat siripnya berupa silang (⊗). Sedang anak panah yang mendekati kita akan terlihat sebuah titik (□).

Gambar 1.110 Menentukan arah medan

Arah medan disekeliling penghantar berarus dapat ditentukan arahnya dengan bantuan tangan kanan,seperti diperlihatkan Gambar 1.110. Penghantar digenggam sedemikian, ibu jari menunjukkan arah arus, maka jemari yang lain menunjukkan arah putar medan magnet. Pada Gambar 1.111 diperlihatkan gambar arah medan dari sisi penampang penghantar. Catatan : *Dalam percobaan ini penghantar tidak harus berarus sungguhan*.

Gambar 1.111 Arah medan sekeliling penghantar

Bila dua penghantar dijajarkan seperti Gambar 1.112 dialiri arus dengan arah yang sama, maka kedua penghantar akan saling mendekat.

Gambar 1.112 Kekuatan tarik menarik

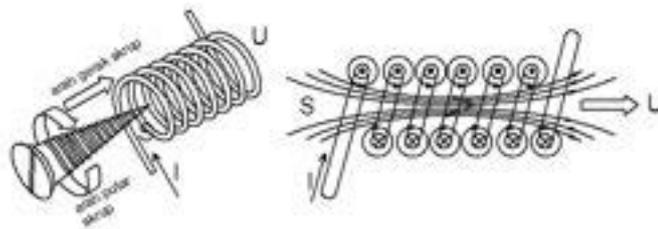
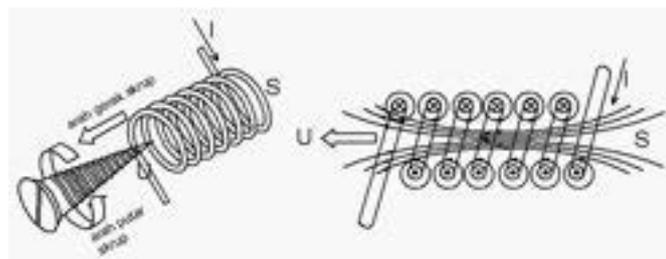
Arah medan diantara penghantar terjadi saling meniadakan karena berlawanan arah,sedang disisi luar, arah medan searah.Maka kedua penghantar saling tarik.

Bila kedua penghantar dialiri arus yang saling berlawanan seperti Gambar 1.113, maka kedua penghantar akan saling tolak.

Gambar 1.113 Kekuatan saling tolak

Arah medan diantara penghantar memiliki arah yang sama, sehingga kekuatan medan ini akan menyebabkan kedua penghantar saling tolak.

Medan Magnet sekitar Kumparan berarus.

Sebuah kumparan dialiri arus searah, kemudian sebuah magnet jarum didekatkan disekeliling kumparan.

Ternyata kumparan mempunyai sifat seperti magnet batang, dengan memiliki kutub-kutub utara dan selatan,seperti diperlihatkan Gambar 1.114.

(a)

(b)

Gambar 1.114 Penentuan kutub pada kumparan yang dialiri arus.

Aliran arus pada kumparan memutar selayaknya sebuah sekrup. Pada Gambar 1.114a terlihat sekrup berputar ke kanan, sekrup akan berjalan maju. Pada arah gerak maju sekrup akan menjadi kutub utara (U) dan yang lainnya menjadi kutub selatan (S). Pada gambar kanan diperlihatkan bagaimana kutub utara selatan kumparan dapat terbangkit. Gambar kanan nampak potongan kumparan,yang terlihat setengah kumparan pada bagian bawah,sehingga penampang penghantar nampak dari atas. Maka pada sisi bawah arusnya

meninggalkan sehingga bertanda silang, sedang yang atas arusnya mendatangi kita sehingga bertanda titik. Pada penampang penghantar,dengan aturan tangan kanan, arah medan magnetnya berputar ke kanan. Karena dengan penhantar disampingnya arah arusnya sama,maka medan magnet diantaranya akan saling meniadakan. Sementara jika antar penampang atas bawah, arah arusnya saling berlawanan, maka arah medan diantaranya salang memperkuat sehingga arah medan diatara penghantar ini akan memiliki arah ke kanan. Maka sisi kanan kumparan akan memiliki kutub utara (U) dan sisi kiri akan memiliki kutub selatan (S).

Pada Gambar 1.114b dengan aliran arus yang kebalikan,maka kutubnya pun berbalik. Sisi kanan kutub selatan (S) dan sisi kiri kutub utara (U).

Besaran Magnet

Gantung sepotong besi sedemikian dengan sebuah pengukur tenaga, sehingga besi dapat masuk kedalam koker dengan kumparan kawat email dengan 600 kumparan. Kumparan diberi tegangan catu, hingga mengalir arus 2A. Catat penunjukan pengukur tenaga. Kemudian ganti koker dengan kumparan dengan jumlah 1200 kumparan. Tegangan catu diubah sehingga arus yang mengalir sebesar 1A.

Dari percobaan diatas, ternyata kuat tenaga yang ditunjukkan besarnya sama.

Dari percobaan terlihat hubungan antara arus dan banyak kumparan serta tenaga. Hubungan ini dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

$$\Theta = I \cdot N \qquad (1.109)$$

Θ =ggm / emf (gaya gerak magnet/ elektromotive force)

I = kuat arus

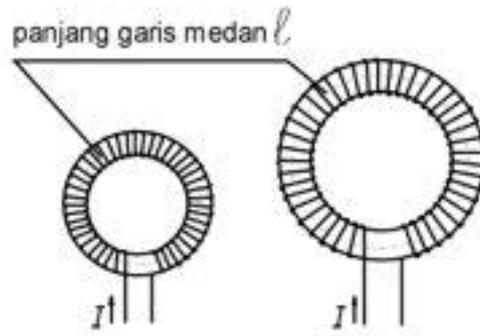
N = Jumlah kumparan

Jumlah kumparan tidak memiliki satuan sehingga Θ memiliki satuan sama dengan kuat arus.Tetapi kadang besarannya berupa *Amper Lilit*.

Contoh : sebuah kumparan memiliki 6000 kumparan dan dialiri arus sebesar 0,1A, berapa besar Θ dari kumparan tersebut?

Jawab :

$\Theta = I \cdot N = 0{,}1 \cdot 6000$

Pada kumparan dengan inti ring seperti Gambar 1.115 yang besar memiliki panjang garis medan yang lebih besar dibandingkan dengan kumparan yang kecil. Untuk membangkitkan medan magnetik pada kumparan yang besar dengan kuat medan yang sama diperlukan energi yang lebih besar dibandingkan dengan pembangkitan pada kumparan yang kecil.

Gambar 1.115 Kumparan kecil dan besar

$H = \Theta/\ell$ (1.110)

H = Kuat medan

Θ = Gaya gerak magnet (MMF)

 = Panjang garis medan

Contoh : Sebuah kumparan dengan 6000lilitan dengan panjang garis medannya 20cm dialiri arus sebesar 20mA. Berapa besarnya medan magnetik yang dihasilkan?

Jawab :

$H = \Theta/\ell$ = (0,02A•6000)/20cm = 6A/cm = 600A/cm

Fluks Magnet (Φ) merupakan jumlah garis medan sebuah magnet atau kumparan. Satuan fluks magnet adalah volt detik (Vs) dengan satuan khusus Weber (Wb), dimana 1Wb=1Vs.

Kerapatan Fluks Magnet (B) merupakan jumlah fluks magnet per $1m^2$ pada luasan tegak lurus. Satuan dari kerapatan fluks magnet adalah volt detik per meter kuadrat (Vs/m^2) dengan satuan khusus Tesla (T).

$[B] = V_S/m^2 = Wb/ m^2 = T$ (1.111)

$B = \Phi/A$ (1.112)

B = kerapatan fluks magnet

Φ = fluks magnet

A = luas

Kerapatan fluks magnet akan semakin besar jika kuat medan magnet semakin kuat.

Pada kumparan tanpa inti dapat dihitung dengan rumus

$B = \mu_o \bullet H$ (1.113)

B = kerapatan fluks magnet

μ_o = konstanta medan magnet

$\mu_o = \frac{4\pi}{10} \cdot \mu\ V_S/(A_m)$ (1.114)

$= 1{,}257\mu\ V_S/(A_m)$ (1.115)

H = kuat medan magnet

Contoh : Sebuah kumparan dengan inti udara memiliki kuat medan 200A/m. Berapa besar kerapatan fluks magnetnya?

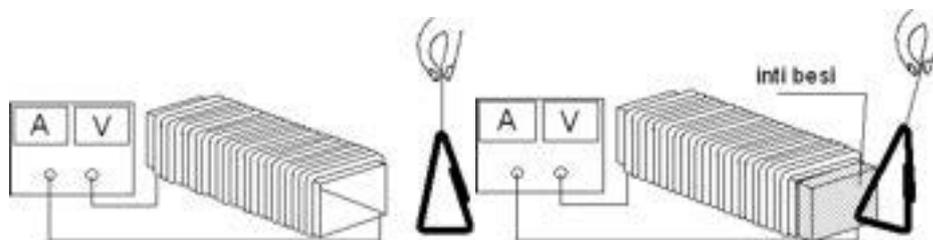
Jawab :

$B = \mu_o \bullet H$

$= 1{,}257\mu V_S/(A_m) \bullet 200A/m$

$= 0{,}2514mVs/m^2 = 0{,}2514mT$

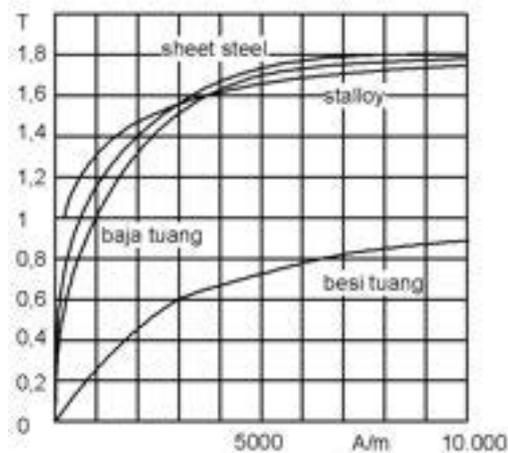
Besi dalam Medan Magnet

Sebuah kumparan tanpa inti diberi catu tegangan searah melalui pengukur arus. Dekatkan sebuah besi kecil,misalkan klip, perhatikan kejadiannya. Kemudian isi kumparan dengan inti besi, dekatkan sebua besi kecil tadi, amati kejadiannya.

Gambar 1.116 Kumparan tanpa dan dengan inti besi

Inti besi menarik klip besi dengan lebih kuat dibanding tanpa inti besi, diperlihatkan Gambar 1.116.

Molekul-molekul besi tersearahkan oleh medan magnet yang dibangkitkan oleh kumparan. Sehinngga inti besi memiliki sifat magnet.

Kekuatan magnetnya naik dengan naiknya arus kumparan, tetapi pada besar arus tertentu kekuatan magnetnya tidak naik lagi (jenuh).

Kondisi kemagnetan besi pada kuat medan yang sama pada beberapa bahan berbeda. Pada gambar 1.117 digambarkan kondisi tersebut, dimana digambarkan kerapatan medan (B) dari inti besi sebuah kumparan dalam ketergantungan terhadap kuat medan (H).

Gambar 1.117 Kurva Kemagnetan

Perbandingan kerapatan fluks magnet dengan kuat medan magnet disebut permeabilitas.

Permeabilitas merupakan hasil kali antara konstanta medan magnet dengan permeabilitas relatif.

$$\mu = \frac{B}{H} \qquad (1.116)$$

$$\mu = \mu_o \cdot \mu_r \qquad (1.117)$$

μ = permeabilitas

B =kerapatan fluks magnet

H =kuat medan magnet

μ_o =konstanta medan magnet

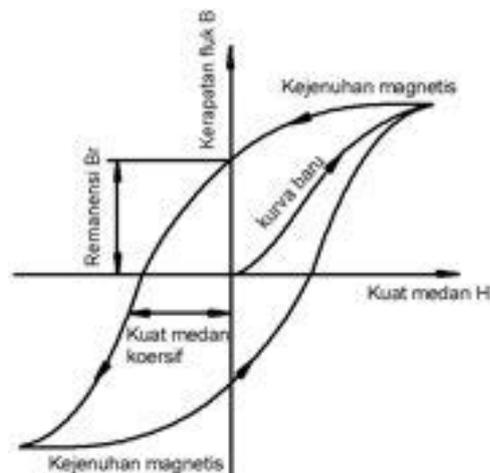
μ_r =permeabilitas relatif

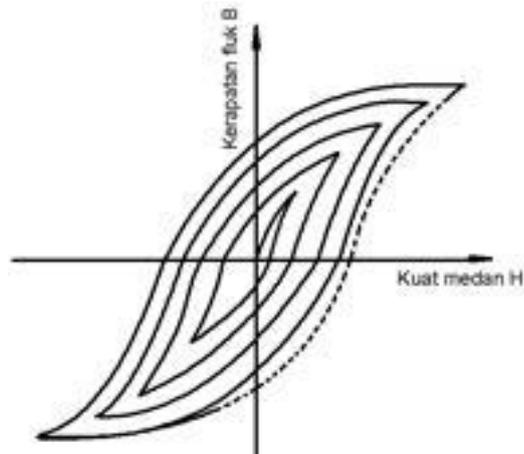
Permeabilitas relatif adalah, berapa kali lebih besar kerapatan fluks sebuah kumparan antara dengan inti dan tanpa inti. Permeabilitas relatif dari udara adalah 1. Permeabilitas relatif bahan feromagnetik besarnya sekitar beberapa ribu,lihat Tabel 1.11.

Tabel 1.11 Permeabilitas relatif μ_r maks

Fe Co tuang	2000 … 6000
Besi murni	6000
Fe Si tuang	10 000 … 20 000
Fi Ni tuang	15 000 … 300 000
Ferit bermagnetik lemah	10 … 40 000

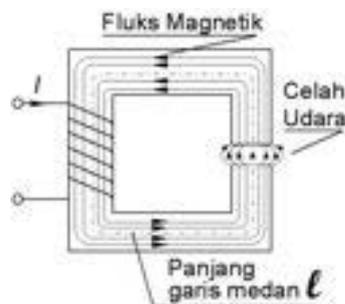
Sumber : Fachkunde Information Elektronik

Bila arus sebuah kumparan berinti besi dinaikkan maka kerapatan fluks akan naik. Molekul magnet pada inti akan terarahkan, kuat medan magnet akan naik dan kerapatan fluk akan naik pula. Hingga pada tingkat kejenuhan. Bila kuat medan diturunkan,maka kerapatan fluk juga akan turun, tetapi tidak secepat turunnya kuat medan. Kuat medan diturunkan hingga minus (arus membalik) maka kerapatan fluk akan naik negatif hingga mencapai tingkat jenuh negatif (arah sebaliknya). Bila kemudian kuat medan diturunkan, kejadiannya sama seperti pada sisi positif. Hingga gambar grafik kuat medan fungsi kerapatan fluk seperti pada gambar berikut yang disebut dengan jerat histeristis. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 1.118.

Gambar 1.118 Kurva Jerat Histerisis

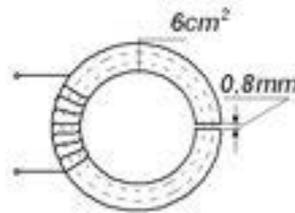
Dari jerat histerisis dapat dilihat bahwa pada akhirnya pada bahan tersebut akan tertinggal remanensi. Jika diinginkan hilangnya remanensi maka dilakukan seperti yang dilakukan tadi dilanjutkan berulang dengan kuat medan dikecilkan hingga lama kelamaan kuat medannya nol (Gambar 1.119).

Gambar 1.119 Demagnetisasi

Prinsip ini diterapkan pada pengahapusan pita magnetic, pada pita kaset maupun pita reel dan sejenisnya.

Lingkaran Magnet

Jalan yang ditempuh secara tertutup garis medan magnet disebut dengan *lingkaran magnet* (Gambar 1.120). Lingkaran ini dapat dipersamakan dengan lingkaran arus.

Gambar 1.120 Lingkaran magnet

Pembangkit dari tegangan magnetik dalam lingkaran magnetik adalah kumparan. Sebagai penghantar dalam lingkaran magnetik ini adalah besi inti. Celah udara pada lingkaran ini akan sebagai resistor magnetik. Kelebaran celah udara akan mempengaruhi besarnya resistor magnetik.

Contoh : Sebuah kumparan dililitkan pada inti ring baja tuang seperti Gambar 1.121 dengan luas penampang potongan ring 6mm dan memiliki panjang tengahnya 55cm. Sebuah celah yang diisi bahan non magnetik dengan ketebalan 0,8mm. Dengan asumsi tidak ada kebocoran magnet, berapa besar MMF yang diperlukan untuk membangkitkan kerapatan fluks sebesar 1,5T

Gambar 1.121 Kumparan dengan Inti Ring untuk Contoh Soal

Jawab :

Lihat Kurva Kemagnetan Gambar 1.117, untuk B=1,5T bahan baja tuang memerlukan H=3000AT/m. Sehingga Amper Lilit nya adalah $3000 \cdot 55 \cdot 10^{-2}$ =1650AT

Pada celah diperlukan :

$$H = \frac{B}{\mu_o} = \frac{1,5}{12,57 \cdot 10^{-7}} = 1,19 \cdot 10^{6} AT/m$$

Amper Lilit yang diperlukan pada celah adalah

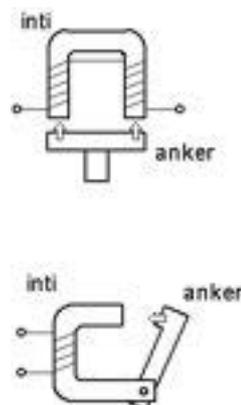
$1,19 \cdot 10^{6} \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,952 \cdot 10^{3} = 952AT$

Total MMF yang diperlukan :

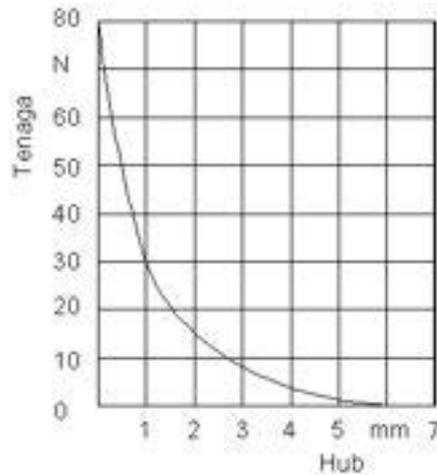
1650+952=2602AT

7.2.6 Komponen Elektromanetik

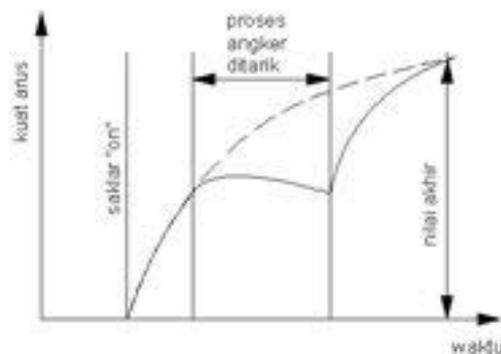
Elektromagnetik

Elektromagnet membangkitkan tenaga yang banyak digunakan untuk mengangkat beban, untuk menggerakkan kontak pada rele dan lainnya.

Gambar 1.122 Contoh konstruksi elektromagnet

Bagian yang bergerak dinamakan angker (Gambar 1.112). Elektronmagnet ini manarik angker semakin kuat, jika fluks magnet semakin besar. Untuk ini diperlukan arus yang semakin besar pula. Tenaga elektromanet semakin kuat

dengan semakin dekatnya anker dengan inti. Jarak antara angker dengan inti disebut dengan *hub.* Hubungan tenaga dengan *hub* digambarkan pada Gambar 1.113 berikut ini.

Gambar 1.123. Hubungan tenaga magnet dengan jarak hub

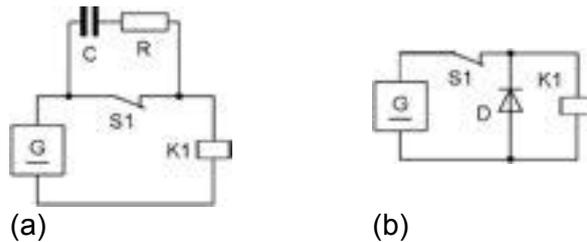
Elektromagnet dapat dicatu dengan arus searah ataupun dengan arus bolak-balik, dengan sedikit perubahan pada inti dan kumparannya.

Pada saat angker bergerak perlu mendapat perhatian, karena pada saat ini jarak celah (jarak angker dengan inti) mengalami perubahan.

Gambar 1.124 Arus saat elektromagnet menarik angker.

Magnet arus searah mudah saat proses pensaklaran diperlihatkan pada Gambar 1.124 dan menarik dengan lembut. Pada saat pensaklaran sedikit terjadi pemanasan. Pada proses pensaklaran dari hidup ke mati pada arus searah akan terjadi penaikkan tegangan, yang sering disebut dengan ggl balik. Pada proses ini sering terjadi lompatan bunga api pada saklar.

Pada saat pensaklaran *on*, magnet arus searah sangat mudah tetapi pada susah proses pelepasan (pesaklaran *off*).

Kelebihan elektromagnet arus searah akan berbalikan terhadap keburukan elektromagnet arus bolak-balik,tidak berisik. Sehingga banyak digunakan di rumah sakit, hotel dan rumah tinggal misal untuk penggerak saklar pengaman.

Untuk menghindari akibat buruk akibat bunga api dan mengganggu sistem radio saat paroses mati, maka dipasanglah rangkaian RC atau resistor yang tergantung tegangan paralel dengan saklar.

Gambar 1.125 Rangkaian untuk mengatasi gangguan pada Radio

Pada saat saklar terbuka (Gambar 1.125a) maka pada waktu yang sangat pendek arus mengalir pada rangkaian RC, dengan demikian akan menarik arus sehingga tegangan induksi yang tinggi akan terhindarkan.

Pada Gambar 1.125b pada kondisi saklar S1 tertutup (*on*) dioda dalam keadaan terbalik (*reverse*), sehingga resistor dalamnya kecil. Saat saklar S1 terbuka (*off*), dioda akan terangkai maju (*forward*) bagi tegangan induksi balik sehingga berresistor dalam rendah.

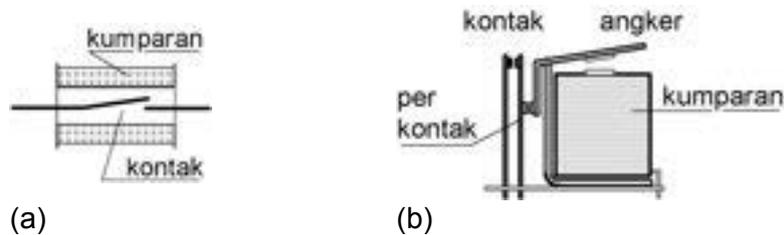
Magnet arus bolak-balik menggunakan inti dan angker dari plat elektro. Resistor arus bolak-balik dari kumparan lebih besar dibandingkan resistor arus searah. Jumlah lilitan juga lebih sedikit dengan kawat yang lebih besar dibandingkan pada arus searah.

Berbalikan dengan arus searah, magnet arus bolak-balik pada pensaklaran "*on*" akan sangat besar sementara tegangan sesaat saat pensaklaran "*on*" ini menekati nol.

Mirip pemasangan rangkaian RC pada magnet arus searah, hanya secara fungsi rangkaian RC mengatasi pada saat pensaklaran "*on*". Besarnya R dan C untuk tegangan kerja 220V~ 50Hz adalah 220 untuk resistornya dan 0,5µF untuk kapasitornya.

Rele

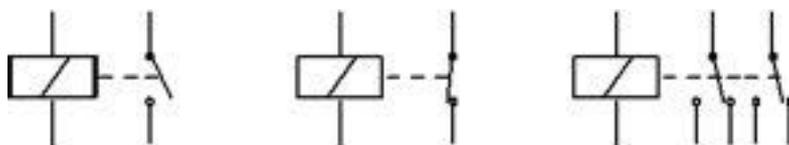
Rele elektromagnetik merupakan penggerak saklar untuk daya kecil. Pada teknik radio untuk mensaklar lingkaran arus.

Pada rele secara kunstruksi dalam mengerjakan kontak bisa secara langsung dan secara tidak langsung.

Gambar 1.126 Rele langsung dan tidak langsung

Rele langsung (Gambar 1.126a), saat arus dialirkan ke kumparan, maka pada bagian dalam kumparan akan terbangkit medan magnet. Maka kontak yang dilapis dengan besi akan saling menarik, sehingga terjadi hubungan.

Rele tidak langsung (Gambar 1.126b), saat arus dialirkan ke kumparan, maka angker akan tertarik inti kumparan. Angker akan menggerakkan kontak, bisa menghubungkan maupun melepas.

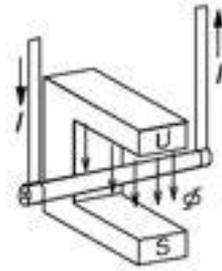
Jenis Kontak

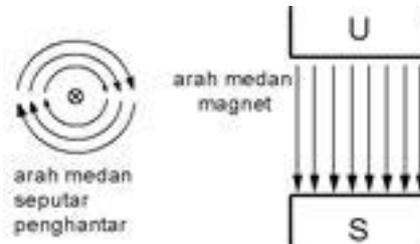
Semua rele elektromagnetik dapat dibangun sedemikian rupa sehingga kontaknya dapat menutup saat kumparan dialiri arus, yang biasa disebut dengan *normally open* (no). Dapat pula saat kumparan dialiri arus kontak akan menjadi terbuka atau *normally close* (nc). Serta memiliki kontak yang membuka dan menutup saat kumparan dialiri arus (Gambar 1.127).

Gambar 1.127 Jenis Kontak

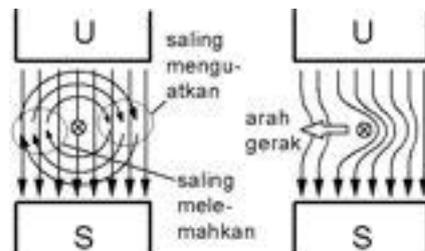
Spesifikasi kontak : *Tegangan pensaklaran* adalah tegangan pada kontak sebelum kontak tertutup dan setelah terbuka. *Arus kontak* adalah arus yang dibolehkan melewati kontak saat kontak tertutup.

7.2.7 Arus dalam Medan Magnet

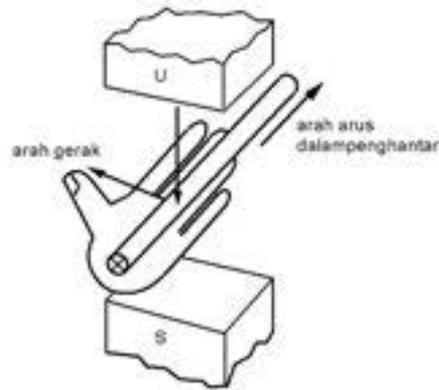
Sepotong penghantar digantung dengan plat penghantar pipih diletakkan diatara kutub magnet U-S. Amati penghantar jika penghantar dialiri arus (Gambar 1.128).

Penghantar pada percobaan diatas akan bergerak masuk.

Gambar 1.128 Penghantar berarus dalam Medan Magnet

Penghantar ini dapat bergerak karena adanya medan magnet diseputar penghantar yang dialiri arus dan dengan medan magnet dari kutub U ke S (Gambar 1.129).

Gambar 1.129 Medan Magnet pada Penghantar dan Kutub Magnet

Gambar 1.129 kiri penampang penghantar dengan arah arus meninggalkan kita, maka medan magnet penghantar akan berputar ke kanan. Gambar kanan memperlihatkan medan magnet dari kutub U menuju kutub S.

Gambar 1.130 Arah Gerak Penghantar

Bila penghantar diletakkan antara kutub, maka medan magnet seputar penghantar dan medan magnet dari kutub U ke S, pada sisi kanan penghantar medan magnet akan saling menguatkan karena memiliki arah yang sama. Sedang pada sisi kiri penghantar, medan magnet penghantar dengan medan magnet kutub U-S berlawanan sehingga saling melemahkan (Gambar 1.130). Karenanya penghantar akan bergerak ke kiri.

Arah gerak ini dapat ditentukan dengan kaidah atau aturan tangan kiri, perhatikan Gambar 1.131.

Gambar 1.131 Kaidah Tangan Kiri

Tangan kiri dengan ibu jari 90^o terhadap 4 jari lain lainnya, diletakkan antara kutub dengan telapak tangan tertembus medan magnet dari kutub U. Empat jari menunjukkan arah arus dalam penghantar,maka ibu jari menunjukkan arah gerak penghantar.

Daya Lorentz

Arus merupakan bergeraknya elektron bebas dalam benda. Hal ini mengakibatkan bergeraknya muatan dan mendorong ke sisi dimana gaya bergerak. Hal ini disebut dengan gaya Lorentz, yang besarnya akan semakin besar dengan semakin besarnya kerapatan magnet, muatan dan kecepatan pembawa muatan.

$$[F] = \frac{V_S}{m^2} \cdot (A_S) \cdot \frac{m}{S}$$

$$= (VAs)/m$$

$$= (Nm)/m = N$$

$$F = Q \cdot v \cdot B \qquad (1.118)$$

F = gaya lorentz

Q = muatan

v = kecepatan pembawa muatan

B = kerapatan medan magnet

Dengan menggantikan Q dengan hasil kali arus dengan waktu, v dengan panjang dibagi waktu, maka rumusan gaya Lorentz dapat dituliskan seperti berikut :

$$F = I \cdot t \cdot \frac{\ell}{t} \cdot B$$

$$= I \cdot \ell \cdot B$$

dimana :

F = gaya lorentz

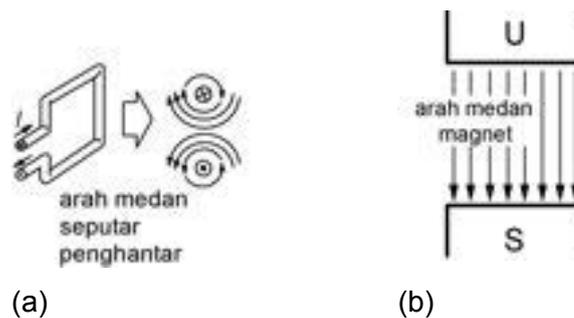
I = arus

l = panjang penghantar yang terpotong medan

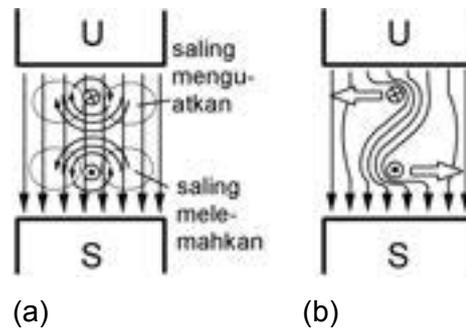
B = kerapatan medan magnet

Kekuatan gaya Lorentz akan dipengaruhi oleh faktor-faktor dalam rumusan di atas. Jika penghantar dalam medan magnet tersebut dalam jumlah lebih dari satu, maka kekuatan gaya Lorentz akan sebanding dengan jumlah penghantar. Jadi rumusan di atas dikalikan jumlah penghantar.

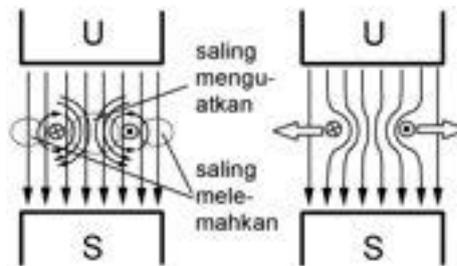
Kumparan berarus dalam Medan Magnet

Kumparan bila diletakkan dalam medan magnet, maka kumparan tersebut akan berputar.

Gambar 1.132 (a) Arah medan seputar penghantar dalam kumparan dan (b) arah medan magnet.

Penampang potong dari sebuah kumparan digambarkan dengan dua penghantar dengan arah arus berlawanan. Dalam Gambar 1.132a diperlihatkan, penampang atas bertanda silang sedang yang bawah beranda titik. Medan seputar penghantar seperti diperlihatkan dalam gambar 1.132a.

Bila kumparan berarus diletakkan dalam medan magnet maka akan terlihat dalam gambar 1.133. Pada sisi-sisi penghantar akan terjadi pelemahan dan penguatan medan tergantung arah antara medan seputar penghantar dengan medan magnet dari kutub-kutub magnet.

Gambar 1.133 Arah gerak kumparan dalam medan magnet.

Hasilnya, penghantar sebelah atas akan bergerak ke kiri dan penghantar bawah akan bergerak ke kanan. Ini sesuai dengan kaidah tangan kiri.

Bila kumparan telah melintang 90° terhadap medan magnet, maka kumparan akan berhenti bergerak. Seperti ditunjukkan Gambar 1.134 berikut ini.

Gambar 1.134 Arah gerak saat kumparan 90° terhadap medan magnet.

Momen putar dari kumparan dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

$$M = 2 \cdot F \cdot r \qquad (1.119)$$

$$[M] = N \cdot m = Nm$$

$$M = F \cdot d$$

M = momen putar

F = gaya lorentz satu penghantar

r = jari-jari kumparan

d = diameter kumparan

Contoh : Dalam sebuah kumparan dalam medan magnet mengalir arus 5A, lebar medan magnet yang melingkupi kumparan sebesar 0,25m dengan kerapatan medan 1,5T. Diameter kumparan 10cm dengan jumlah kumparan sebanyak 20 lilit. Berapa besar gaya lorentz dan berapa besar momen putarnya.

Jawab :

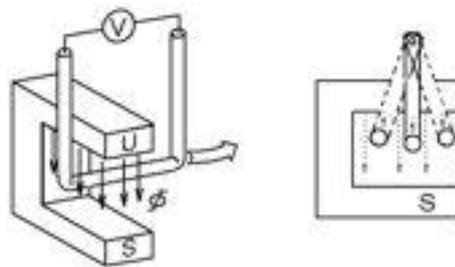
$$F = I \cdot \ell \cdot B \cdot z = 5 \cdot 0{,}25 \cdot 1{,}5 \cdot 20 = 37{,}5N$$

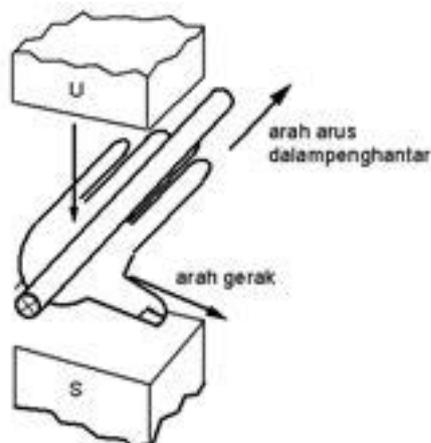
$$M = F \cdot d = 37{,}5 \cdot 0{,}1 = 3{,}75Nm$$

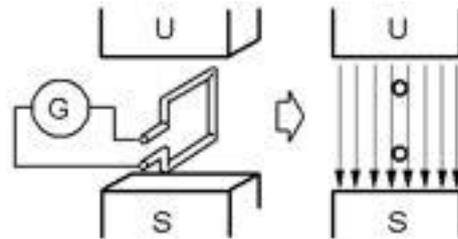
7.2.8 Induktor

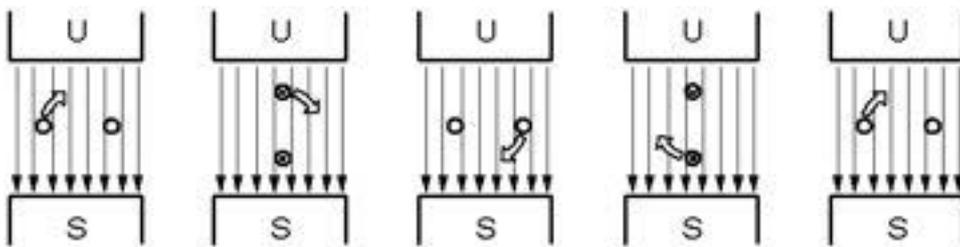
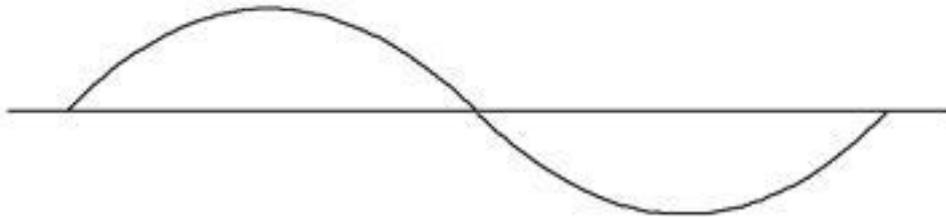
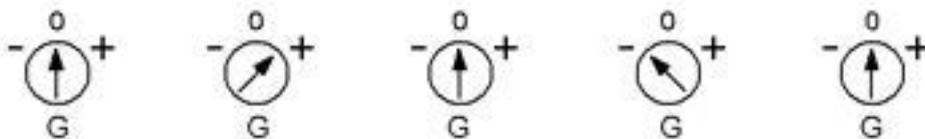
Induksi

Pada bahasan sebelumnya talah dibahas bagaimana arus listrik dapat menghasilkan efek magnet. Bagaimana kebalikan dari proses ini,apakah dari medan magnet dapat membangkitkan arus listrik?

Percobaan untuk ini telah dilakukan oleh Michael Faraday (1791-1867) telah membuktikan hal tersebut. Listrik yang dihasilkan oleh medan magnet disebut induksi tegangan. Hukum induksi ini diberi nama sesuai nama penemunya, yaitu hukum Faraday.

Gambar 1.135 Prinsip pembangkitan arus listrik

Bila penghantar digerakkan dalam medan magnet maka akan terbangkit tegangan induksi,lihat Gambar 1.135.

Gambar 1.136 Kaidah Tangan Kanan

Arah arus dalam penghantar dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan. Seperti Gambar 1.136, medan magnet dari kutub U menuju kutub S. Arah gerak penghantar ditunjukkan oleh ibu jari. Maka arah arus sesuai ditunjukkan jari jari yang lain.

Gambar 1.137 Prinsip generator

Prinsip sebuah generator diperlihatkan pada Gambar 1.137, penampang potongan diperlihatkan pada gambar kanan.

Gambar 1.138 (a) Posisi kumparan dalam medan magnet (b)Tegangan yang dibangkitkan dilihat dengan CRO (c) Tegangan yang dibangkitkan dilihat dengan Galvanometer

Tegangan keluaran yang terukur dengan CRO terlihat pada Gambar 1.138 (b) sedang yang terukur galvanometer terlihat pada Gambar 1.138 (c). Pada saat kumparan melintang medan magnet, tegangan yang dibangkitkan masih nol volt. Ketika kumparan diputar ke kanan, tegangan naik dan mencapai puncaknya saat kumparan tegak lurus. Pada putaran selanjutnya, saat kumparan melintang, tegangan akan nol dan menjadi maksimum pada saat

putaran berikutnya. Pada saat ini kumparan tegak lurus dengan garis medan, tegangan bernilai maksimum tetapi dengan arah yang berlawanan.

Dengan demikian terbangkitlah tegangan induksi arus bolak balik. Jika diinginkan tegangan arus searah maka dapat digunakan komutator untuk membalik arah arus.

$$u_i = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \qquad (1.120)$$

$[u_i] = \frac{V_s}{s} = \quad V$

u_i = tegangan induksi

N = jumlah lilitan

$\Delta\phi$ = perubahan fluks

Δt = perubahan waktu

Pada saat kumparan diputar, akan terbangkit tegangan induksi. Dengan adanya beban maka akan ada aliran arus, maka disekeliling penghantar akan terbangkit medan magnet. Medan magnet yang terbangkit disekeliling penghantar bersama dengan medan magnet dari kutub akan membangkitkan gerak, arah geraknya berlawanan dengan gerak yang menggerakkan kumparan tadi. Sehingga gerakan generator akan teredam, kejadian ini dikenal dengan hukum Lenz.

Induktansi

Besarnya perubahan fluks tergantung dari data lilitan antara lain permeabilitas lilitan,penampang lilitan A serta panjang garis medan l . Besaran ini yang menyebabkan terbangkitnya tegangan induksi melalui induksi sendiri (*self induction*) dalam sebuah lilitan. Data lilitan dirangkum dalam *konstanta lilitan*. Tegangan induksi yang terbangkit dari induksi sendiri diperoleh sesuai hokum induksi :

$$v_i = -N\frac{\mu_o \cdot \mu_r \cdot A}{\ell} \cdot N \cdot A_L \frac{\Delta i}{\Delta t} \qquad (1.121)$$

$$= -N^2 \cdot A_L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

dengan $N^2 \cdot A_L = L$ maka

$$v_i = -L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} \qquad (1.122)$$

$L \quad = N^2 \cdot A_L$

$$[L] = \frac{V_S}{A} = H \qquad (1.123)$$

v_i =tegangan induksi

N =jumlah lilitan

A_L =konstanta lilitan

ΔI =perubahan kuat arus

Δt =perubahan waktu

L =induktansi

Hasil kali $N^2 \cdot A_L$ disebut sebagai induktansi L dari lilitan. Dengan satuan Volt detik/Amper dengan satuan khusus Henry (H), diambil dari nama seorang ahli fisika dari Amerika.

Jadi sebuah lilitan dikatakan memiliki induktansi 1 Henry jika terdapat perubahan kuat arus sebesar 1 Ampere dalam 1 detik terinduksi tegangan 1 Volt.

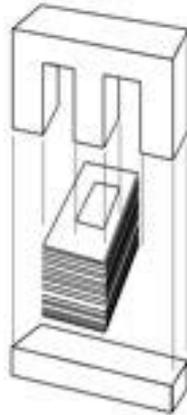
Contoh :

Berapa besar induktansi sebuah kumparan dengan 600 lilitan dengan konstanta lilitan A_L=1250nH?

Jawab :

$L = N^2 \cdot A_L = 600^2 \cdot 1250 \frac{nV_s}{A} = 0{,}45H$

Konstruksi Induktor

Induktor dalam bentuknya dapat dalam banyak rupa, ada yang memiliki inti maupun tidak berinti. Untuk yang tidak berinti memiliki inti dari udara. Sedang induktor yang memiliki inti, dalam banyak hal terbuat dari ferit juga dari bahan lainnya sesuai dengan tujuan penggunaan.

Gambar 1.139. Kumparan dengan inti E I

Pada gambar 1.139 diperlihatkan kumparan dengan inti EI, disebut E dan I karena bentuk inti menyerupai huruf E dan I. Kunstruksi ini digunakan untuk transformator. Inti bisa dari ferit, untuk transformator dengan frekuensi kerja tinggi. Inti terbuat dari 'plat dinamo' digunakan untuk transformator berfrekuensi rendah.

Gambar 1.140. Kumparan pembelok

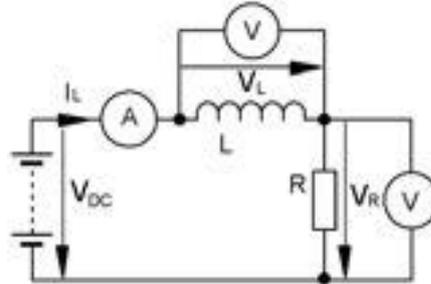
Kumparan untuk membelokkan sinar pada CRT dengan inti dari ferit berbentuk menurut bentuk tabung CRT (Gambar 1.140).

Untuk keperluan rangkaian elektronik,seperti pada penerima radio, digunakan induktansi dengan bentuk-bentuk tertentu. Pada Gambar 1.141 menampilkan bentuk-bentuk induktasi tersebut.

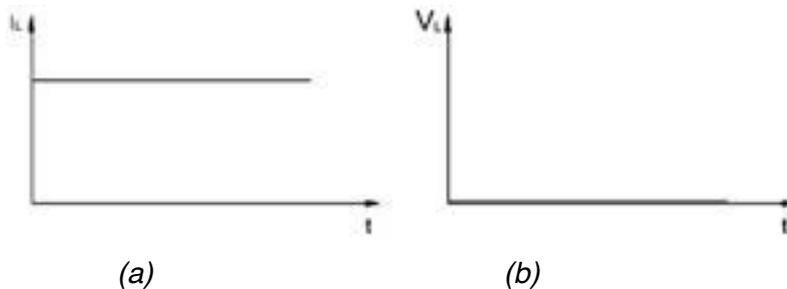
Untuk identifikasi dapat berupa kode warna seperti pada resistor, kode angka atau tertulis secara jelas pada badan induktansi.

Gambar 1.141 . Beberapa contoh Induktor

Induktor dalam Arus Searah

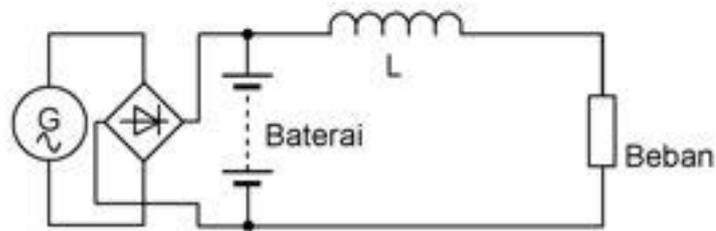
Induktor dirangkai seperti Gambar 1.142 berikut

Gambar 1.142 Induktor dalam Arus Searah

Dalam kondisi jauh setelah pensaklaran, maka Voltmeter dan Ampermeter menunjukkan seperti grafik pada Gambar 1.143 berikut ini:

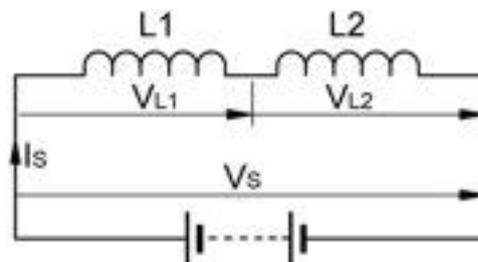
(a) *(b)*

Gambar 1.143 (a) Arus dan (b) Tegangan Induktor

Ampermeter menunjukkan arus rangkaian, yang dalam hal ini juga arus induktor, menunjukkan harga tertentu yang konstan, dan Voltmeter pada induktor menunjukkan harga mendekati 0 Volt. Ini menunjukkan perubahan rate arus (di/dt) sama dengan nol,karena arusnya stabil.

Dengan tegangan V_L=0V maka nilai resistansinya akan sama dengan 0Ω. Karena R= $V_L/I_L=0/I_L=0\Omega$.

Dari sifat ini dalam aplikasinya induktor digunakan pula untuk filter pada tape mobil, yang disambung seri antara baterai dengan tape mobil (Gambar 1.144). Induktor akan melalukan tegangan DC dan menghadang tegangan AC yang timbul dalam kendaraan.

Gambar 1.144 Aplikasi induktor

Rangkaian Induktor

Dua atau lebih induktor dapat dirangkai dalam rangkaian seri maupun paralel. Gambar 1.145 memperlihatkkan induktor dalam rangkaian seri

Gambar 1.145 Induktor dalam rangkaian seri

Tegangan V_{L1}=-L1$\cdot\frac{\Delta i}{\Delta t}$ (1.124)

dan V_{L2}=-L2$\cdot\frac{\Delta i}{\Delta t}$ (1.125)

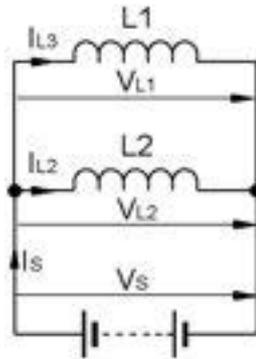
Dan V_S+ U_{L1}+ V_{L2}=0, (1.126)

Sehingga $V_S=\frac{\Delta i}{\Delta t}\cdot(V_{L1}+V_{L2})$ (1.127)

Jika Lt merupakan induktor total maka

$V_S=\frac{\Delta i}{\Delta t}\cdot(L_t)$ (1.128)

sehingga L_t=L1+L2 (1.129)

Terlihat rumusan ini sama dengan pada rumusan resistor yang dihubung seri.

Gambar 1.146 Induktor dalam rangkaian parallel

Pada rangkaian paralel seperti diperlihatkan pada Gambar 1.136, arus Is sama dengan jumlah arus yang mengalir pada masing-masing cabang.

$I_S+I_{L1}+I_{L2}=0$ (1.130)

$I_S= I_{L1}+I_{L2}$ (1.131)

$\frac{\Delta i_1}{\Delta t}=\frac{V_S}{L_1}$; $\frac{\Delta i_2}{\Delta t}=\frac{U_S}{L2}$ dan (1.132)

$\frac{\Delta i_S}{\Delta t}=\frac{\Delta i_1}{\Delta t}+\frac{\Delta i_2}{\Delta t}=V_S\cdot(\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2})$ (1.133)

jika L_t merupakan induktansi total,maka

$\frac{\Delta i_S}{\Delta t}=\frac{V_S}{L_t}=V_S\cdot(\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2})$ (1.134)

sehingga

$\frac{1}{L_t}=\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}$

terlihat rumusannya sama dengan pada resistor yang dirangkai paralel.

Contoh : Tiga buah induktor masing-masing 100mH,250mH dan 500mH dirangkai seri. Berapa besar induktansi totalnya dan berapa tegangan pada masing-masing induktor jika rangkaian tersebut diberi tegangan 6V?

Jawab :

L_t =100mH+250mH+500mH=850mH

Kuat arus yang mengalir I_s=6V/850mH=7mA/s

V_{L1} =7mA/s·100mH=0,7V

V_{L1} =7mA/s·250mH=1,75V

V_{L1} =7mA/s·500mH=3,5V

Contoh : Tiga buah induktor masing-masing 100mH,250mH dan 500mH dirangkai paralel. Berapa besar induktansi?

Jawab :

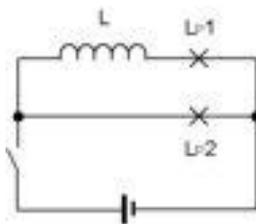
$$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \frac{1}{L3}$$

$$= \frac{1}{100mH} + \frac{1}{250mH} + \frac{1}{500mH}$$

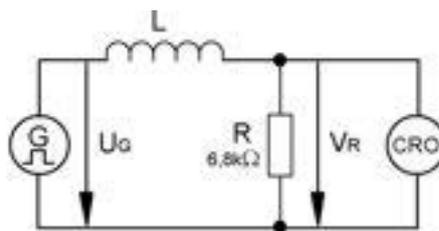
$$= \frac{5}{500mH} + \frac{2}{500mH} + \frac{1}{500mH} =$$

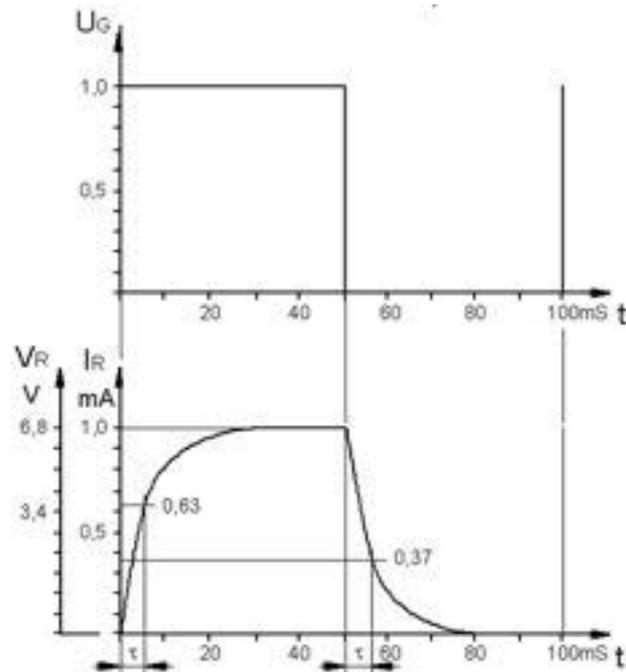
$$L_t = \frac{500mH}{8} = 62,5mH$$

Pengisian dan Pengosongan Induktor

Induktor dirangkai seperti gambar berikut dengan kumparan dengan jumlah 600 llilit. Lalu diamati kedua lampu, lampu manakah yang menyala lebih dahulu (Gambar 1.147)?

Gambar 1.147 . Induktor dalam arus searah

Ternyata lampu yang dirangkai seri dengan induktor akan menyala belakangan. Artinya nyala L_P1 tertunda.

Untuk mengamati kejadian tadi dapat dilakukan dengan rangkaian seperti dalam Gambar 1.148 berikut.

Gambar 1.148 Rangkaian LR

Generator dengan gelombang kotak mensimulasikan tegangan arus searah yang di"*on-off*"kan. Dari hasil percobaan tegambar di layar CRO yang digambarkan pada Gambar 1.149.

Gambar 1.149 Pengisian Pengosongan Induktor

Pada gambar 1.149 menggambarkan pada t=0-50ms tegangan arus searah "*on*" dan dari t=50-100ms tegangan arus searah pada posisi "*off*". Pada tegangan U_R, dimana arusnya juga serupa dengan U_R ini, terlihat adanya waktu tunda sebelum U_R mencapai nilai maksimumnya. Pada proses naik maupun turun mempunyai fungsi eksponensial.

Pada proses "*on*" $i = \frac{V_G}{R} \cdot \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$ (1.135)

Pada proses "*off*" $i = \frac{V_G}{R} \cdot e^{-t/\tau}$ (1.136)

i =kuat arus

V_G =tegangan arus searah

R =resistor

T =waktu

τ =konstanta waktu

Percobaan diatas diulangi dengan mengganti resistor menjadi 2,7kΩ

Maka kenaikan arus semakin cepat, sehingga bentuknya menjadi lebih landai.

Ini memperlihatkan bahwa konstanta waktu τ dari rangkaian berubah. Konstanta waktu τ adalah waktu digunakan naik/turunnya arus dimana perubahannya masih linier setelah proses "*on*" maupun "*off*".

$$\tau = \frac{L}{R} \qquad (1.137)$$

$$[\tau] = \frac{Vs/A}{V/A} = s \qquad (1.138)$$

τ=konstanta waktu

L=induktor

R=resistor

Pada saat t=τ setelah proses "*on*" arus mencapai 63% dari kuat arus maksimum. Sedang pada t= τ setelah proses "*off*"kuat arusnya 37% dari maksimum.

Contoh : Sebuah induktor sebesar 100mH dihubung seri dengan resistor 4,7kΩ, dibila dipasang pada sumber tegangan 12V berapa besar konstanta waktunya dan berapa kkuat arus pada saat 10μs setelah saklar "*on*"?

Jawab : τ = L/R = 100mH/4,7kΩ=21,27μs

$$i = \frac{V}{R} \cdot (1 - \exp(-t/\tau))$$

$$= \frac{12V}{4,7k\Omega} \cdot (1 - \exp(-10\mu s/21,27\mu s))$$

=0,957Ma

7.3 RANGKUMAN

1. Magnet adalah suatu materi yang mempunyai suatu medan magnet. Materi tersebut bisa dalam berwujud magnet tetap atau magnet tidak tetap. Magnet yang sekarang ini ada hampir semuanya adalah magnet buatan.
2. Magnet selalu memiliki dua kutub yaitu: kutub utara (north/ N) dan kutub selatan (south/S). Walaupun magnet itu dipotong-potong, potongan magnet kecil tersebut akan tetap memiliki dua kutub.
3. Kekuatan magnet terbesar pada ujung magnet batang dan semakin ke tengah kekuatan magnet semakin melemah
4. Terdapat 3 golongan logam, masing-masing adalah *Bahan feromagnetik, Bahan para magnetik dan Bahan dia magnetik.*

5. *Bahan feromagnetik*, Ialah jenis logam yang sangat mudah dibuat menjadi benda magnet dan sangat mudah dipengaruhi magnet. Bahan yang termasuk jenis ini seperti besi, baja, dan nikel
6. *Bahan para magnetik*, Ialah jenis logam yang tidak dapat dibuat menjadi benda magnet tetapi masih dapat dipengaruhi magnet. Bahan yang termasuk jenis ini seperti platina dan mangan
7. *Bahan dia magnetik*, Ialah jenis logam yang tidak dapat dibuat magnet dan juga tidak dapat dipengaruhi oleh magnet. Bahan yang termasuk jenis ini seperti silisium, tembaga, seng, emas
8. Arah medan diantara penghantar memiliki arah yang sama, sehingga kekuatan medan ini akan menyebabkan kedua penghantar saling tolak
9. Magnet memiliki sifat dapat menarik bahan logam, magnet memiliki dua kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan.
10. Bagian tengah batang magnet merupakan daerah netral yang tidak memiliki gari gaya magnet.
11. Magnet secara mikroskopis memiliki jutaan kutub magnet yang teratur satu dengan lainnya dan memiliki sifat memperkuat satu dengan lainnya, sedangkan logam biasa secara mikroskopis posisi magnetnya acak tidak teratur dan saling meniadakan.
12. Bumi merupakan magnet alam raksasa, yang dapat dibuktikan dengan penunjukan kompas kearah utara dan selatan kutub bumi.
13. Batang magnet memancarkan garis gaya magnet dengan arah kutub utara dan selatan, dapat dibuktikan dengan menaburkan serbuk besi diatas permukaan kertas dan batang magnet.
14. Kutub magnet yang sama akan saling tolak menolak, dan kutub magnet yang berlainan akan saling tarik menarik.
15. Elektromagnet adalah prinsip pembangkitan magnet dengan menggunakan arus listrik, aplikasinya pada loud speaker, motor listrik, relay kontaktor dsb.
16. Sebatang kawat yang dialiri arus listrik DC akan menghasilkan garis medan magnet disekeliling kawat dengan prinsip genggaman tangan kanan.
17. Hukum putaran sekrup (Maxwell), ketika sekrup diputar searah jarus jam (arah medan magnet), maka sekrup akan bergerak maju (arah arus

listrik DC).

18. Belitan kawat yang dialiri arus listrik DC mengikuti hukum tangan kanan, dimana empat jari menyatakan arah arus listrik, dan ujung jempol menyatakan arah kutub utara elektromagnetik.
19. Jumlah garis gaya dalam medan magnet disebut fluksi magnetic (Φ), yang diukur dengan satuan Weber (Wb).
20. Fluksi magnetic satu weber bila sebatang penghantar dipotongkan pada
21. Garis-garis gaya magnet selama satu detik akan menimbulkan gaya gerak listrik (ggl) sebesar satu Volt. Weber = Volt x detik.
22. Gaya gerak magnetic (Θ) berbanding lurus dengan jumlah belitan dan besarnya arus yang mengalir dalam belitan. Θ = Amper Lilit.
23. Kuat medan mahnet (H) berbanding lurus dengan gaya gerak mahnet
24. (Θ) dan berbanding terbalik dengan panjang lintasan (lm). H = I.N/lm.
25. Kerapatan fluk magnet (B), diukur dengan Tesla (T) besarnya fluk persatuan luas penampang. $B = \Phi/A = Wb/m^2$ = Tesla.
26. Bahan ferromagnetic bahan int dalam transformator, bahan stator motor listrik yang memiliki daya hantar magnetic (permeabilitas) yang baik.
27. Ada tiga jenis media magnetic, yaitu ferromagnet, paramagnet dan diamagnet.
28. Ferromagnet memiliki permeabilitas yang baik, misalnya Alnico dan permalloy dipakai pada inti transformator dan stator motor listrik.
29. Paramagnet memiliki permebilitas kurang baik, contohnya aluminium, platina dan mangan.
30. Diamagnet memiliki permeabilitas buruk, contohnya tembaga, seng, perak an antimony.
31. Permeabilitas hampa udara perbaandingan antara kerapatan fluk magnet (B) dengan kuat medan magnet (H) pada kondisi hampa udara.
32. Permeabilitas bahan magnet diperbandingkan dengan permeabilitas hampa udara yang disebut permeabilitas relative.
33. Kurva Histerisis (B-H) menggambarkan sifat bahan magnet terhadap permeabilitas, remanensi dan koersivity. Bahan yang cocok untuk magnet permanen yang memiliki sifat remanensi dan koersivity yang tinggi. Sedangkan bahan yang cocok sebagai inti trafo atau stator motor yang memiliki sifat permeabilitas dan tingkat kejenuhan dari kerapatan

fluk magnet yang tinggi.

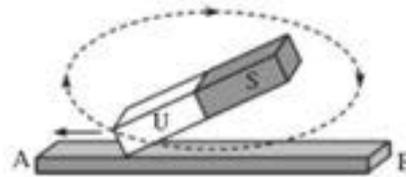
34. Prinsip kerja Motor Listrik berdasarkan kaidah tangan kiri Flemming,
35. Hukum tangan kiri Flemming yang menyatakan jika telapak tangan kiri berada diantara kutub magnet utara dan selatan. Sebatang kawat yang dialiri arus listrik I dipotong oleh medan magnet B. Maka kawat akan mengalami torsi F searah dengan ibu jari (gambar 2.30)
36. Hukum tangan kiri *Flemming*, besarnya Torsi F = B. L. I, dimana B
37. meruapakan kerapatan fluk magnet. L menyatakan panjang kawat dan I
38. besarnya arus yang melewati penghantar kawat.
39. Prinsip kerja alat ukur juga berdasarkan hukum tangan kiri *Flemming*, dimana kumparan putar dihubungkan dengan jarum penunjuk skala meter.
40. Prinsip kerja generator berdasakan hukum tangan kanan *Flemming*.
41. Hukum tangan kanan Fleming menjelaskan prinsip pembangkitan tegangan, jika telapak tangan kanan berada pada kutub magnet utara selatan, sebatang kawat digerakkan searah ibu jari F, maka pada batang kawat akan timbul arus listrik yang searah dengan keempat telunjuk tangan kanan.
42. Prinsip kerja transformator berdasarkan prinsip induksi dua belitan kawat primer dan sekunder. Jika pada belitan primer terdapat gaya magnet yang berubah-ubah, maka pada belitan sekunder terjadi induksi gaya gerak listrik.
43. Besarnya tegangan induksi berbanding lurus dengan jumlah belitan kawat dan berbanding dengan perubahan medan magnet persatuan waktu (ΔΦ/Δ)

7.4 TUGAS

1. Seutas kawat lurus panjang berarus listrik 10 A ke atas . Tentukan besar dan arah induksi magnetik :
   - ✓ 50 cm utara kawat.
   - ✓ 25 cm Timur kawat .
2. Sebuah kawat melingkar berarus listik 5 A berjari – jari 20 cm tentukan induksi magnetik di pusat lingkaran jika:
   - ✓ arus listrik searah jarum jam.
   - ✓ arus listrik berlawanan arah jarum jam.
3. Sebuah solenoida terdiri dari 5000 lilitan berarus listrik 500 mA, panjang solenoida 50 cm. Tentukan induksi magnetic yang berada :
   - ✓ pusat sumbu solenoida.
   - ✓ Salah satu ujung sumbu solenoida.
4. Sebuah toroida mempunyai jari –jari efektif 10 cm, kuat arus dalam toroida 2 A, Jika jumlah lilitan 2000 Tentukan induksi magnetic pada pusat sumbu toroida tersebut.
5. Seutas kawat panjang 25 cm berarus listrik 5 A berada dalam medan magnet homogen 0,5 T. Tentukan gaya Lorentz pada kawat tersebut ,jika arah arus listrik dengan medan magnet membentuk sudut :
   a. 30^{o}
   b. 60^{o}
   c. 90^{o}
6. Sebuah elektromagnet biasanya memiliki inti besi di dalam kumparannya.
   - apakah tujuan peletakan inti besi di dalam kumparannya?
   - mengapa inti besi lebih baik daripada inti baja untuk membuat elektromagnet?
   - o sebutkan dua cara untuk meningkatkan kuat medan magnet suatu elektromagnet
7. Sebuah kawat sepanjang 1 m berada dalam medan magnet yang tegak lurus terhadap arah medan. / Arus listrik yang mengalir dalam kawat sebesar 0,4 A. Jika kuat arus medan magnet adalah 0.001T, berapakah gaya lorentz yang dialami kawat?
8. Jelaskan cara menghilangkan kemagnetan suatu bahan !

9. Efisiensi sebuuah trafo 90% bila di pasang pada tegangan 220 volt dan arus 2 A, hitung besar aruus sekunder yang dihasilkan bila trafo tersebut menghhasilkan tegangan 20 volt
10. Sebuah trafo memilikki perbandingan jumllah lilitan pprimer dan sekunder 1:3 bila dipasang pada tegangan 220 volt hitung tegangan sekunder yang dihasilkan

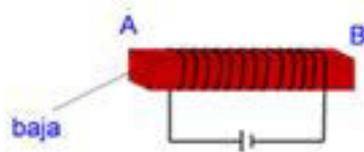
7.5 TES FORMATIF

1. Batang besi akan dibuat menjadi magnet dengan cara seperti gambar dibawah ini, dan Jika besi / bajatelah menjadi magnet, pernyataan berikut benar....

   a. A kutub utara dan B kutub selatan
   b. A kutub selatan dan B kutub utara
   c. A dan B kutub selatan
   d. A dan B kutub utara
2. Induksi magnet terjadi antara lain pada peristiwa…
   a. besi menjadi magnet dalam medan magnet dalam medan listrik
   b. hilangnya sifat magnet dalam medan listrik
   c. berubahnya kutub magnet
   d. berkurangnya daya magnet dalam medan listrik
3. Andaikan kutub utara dan kutub selatan magnet bumi tepat berada di khatulistiwa maka...
   a. sudut inklinasi selalu nol derajat
   b. sudut inklinasi selalu 90 derajad
   c. sudut deklinasi selalu nol derajad
   d. sudut deklinasi selalu 180 derajad
4. Dua kawat sejajar yang dialiri arus listrik akan melakukan gaya. Sifat gaya ini adalah....
   a. tarik menarik jika arruus berlawanan arah
   b. tarik-menarik jika arus searah

b. saling meniadakan
c. saling memperkuat

5. Besi lunak sulit dijadikan magnet permanet karena...
   a. magnet-magnet elementer pada besi lunak tidak bisa diatur
   b. besi lunak memiliki magnet-magnet elementer
   c. garis-garis gaya magnet sulit menembus besi lunak
   d. magnet-magnet elementer pada besi lunak mudah diatur, tetapi juga mudah tidak teratur
6. Benda yang paling cocok digunakan untuk inti elektromagnet adalah....
   a. air
   b. b.tembaga
   c. c.besi
   d. d.baja

Serbuk-serbuk besi yang ditabuurkan pada sebuah magnet batang hanya akan melekat pada ujung ujungnya saja sebab....

   a. medan magnet pada batang lemah
   b. magnet pada batang memiliki dua kutub
   b. bagian tengah magnet bersifat netral
   c. penaburan serbuk besi tidak merata
7. Bahan-bahan berikut yang tidak termasuk ferromagnetik adalah....
   a. besi
   b. baja
   c. platina
   d. nikel
8. Efisiensi sebuah trafo 80% bila dipasang pada tegangan 220volt dan arus 2 A menghasiilkan tegangan sekunder 300 volt maka arus sekundernya adalah....
   a. 1,20 A
   b. 1,25A
   c. 1,17A
   d. 1,10A
9. Perhatikan gambar dibawah AB menjadi magnet dengan data sebagai berikut....

	A	B	Sifat Kemagnetan AB
A.	Utara	Selatan	Sementara
B.	Utara	Selatan	Tetap
C.	Selatan	Utara	Tetap
D.	Selatan	Utara	Sementara

10. Sebuah trafo daya primernya 440 watt biila efiensi trafo tersebut 90% maka daya sekunder yang dihasilkan trafo tersebut
    a. 395 watt
    b. 396watt
    c. 397watt
    d. 398watt
11. Sebuuah trafo step up akan memiliki....
    a. Np>Ns
    b. Ip > Is
    c. Is < Ip
    b. Vp > Vs

12. Gaya lorenzt akan timbul apabila....
    a. Gaya lorenzt akan terjadi biila kawat berada dalam medan magnet
    b. medan magnet berada dalam kawat
    c. kawat lurus bearus listrik berada dalam medan magnet
    d. medan magnet ditimbulkan kawat lurus berarus listrik y

7.7 LEMBAR KERJA

Simbol-simbol Gambar Listrik

Lambang Huruf Untuk Instrumen Ukur

No.	Lambang	Keterangan
1	A	ampere
2	V	volt
3	VA	voltampere
4	Var	var
5	W	watt
6	Wh	watt-jam
7	Vah	voltampere-jam
8	varh	var-jam
9	Ω	ohm
10	Hz	hertz
11	h	jam
12	min	menit
13	s	detik
14	n	jumlah putaran premenit
15	cosφ	faktor daya
16	φ	sudut fase

Awal Pada Satuan SI

No.	***Lambang***	***Keterangan***
1	*T*	*tera* = 10^{12}
2	*G*	*giga* = 10^{9}
3	*M*	*mega* = 10^{6}
4	*K*	*kilo* = 10^{3}
5	*m*	*mili* = 10^{-3}
7	*μ*	*mikro* = 10^{-6}
8	*n*	*nano* = 10^{-9}
9	*p*	*piko* = 10^{-12}

Daftar Pustaka

Siswoyo, Teknik Listrik Industri Jilid 1, Bahan Ajar BSE, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan , Tahun 2008

A R Bean, Lighting Fittings Performance and Design, Pergamou Press, Braunschweig, 1968

A.R. van C. Warrington, Protective Relays, 3rd Edition, Chapman and Hall, 1977

Daschler, Elektrotechnik, Verlag – AG, Aaraw, 1982

A.S. Pabla, Sistem Distribusi Daya Listrik, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1994

Abdul Kadir, Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 2000

Abdul Kadir, Pengantar Teknik Tenaga Listrik, LP3ES, 1993

Aly S. Dadras, Electrical Systems for Architects, McGraw-Hill, USA, 1995

Badan Standarisasi Nasional SNI 04-0225-2000, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, Yayasan PUIL, Jakarta, 2000

Bambang, Soepatah., Soeparno, Reparasi Listrik 1, DEPDIKBUD Dikmenjur, 1980.

Benyamin Stein cs, Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, 7th Edition Volume II, John Wiley & Sons, Canada, 1986

Bernhard Boehle cs, Switchgear Manual 8th edition, 1988

Brian Scaddam, The IEE Wiring Regulations Explained and Illustrated, 2nd Edition, Clags Ltd., England, 1994

Brian Scaddan, Instalasi Listrik Rumah Tangga, Penerbit Erlangga, 2003

By Terrell Croft cs, American Electrician's Handbook, 9th Edition, McGraw-Hill, USA, 1970

Catalog, Armatur dan Komponen, Philips, 1996

Catalog, Philips Lighting.

Catalog, Sprecher+Schuh Verkauf AG Auswahl, Schweiz, 1990

Cathey, Jimmie .J, Electrical Machines : Analysis and Design Applying Matlab, McGraw-Hill,Singapore,2001

Chang,T.C,Dr, Programmable Logic Controller,School of Industrial Engineering Purdue University

Diesel Emergensi, Materi kursus Teknisi Turbin/Mesin PLTA Modul II, PT PLN Jasa Pendidikan dan Pelatihan, Jakarta 1995.

Philippow, Taschenbuch Elektrotechnik, VEB Verlag Technik, Berlin, 1968

Edwin B. Kurtz, The Lineman's and Cableman's Handbook, 7^{th} Edition, R. R. Dournelley & Sons, USA, 1986

Eko Putra,Agfianto, PLC Konsep Pemrograman dan Aplikasi (Omron CPM1A /CPM2A dan ZEN Programmable Relay). Gava Media : Yogyakarta

EFA3-Karosserie Bilder, 3 Auflage Lehrmittel

John Bird Electrical and Electronic Principles and Technology 4^{th}